



KRAJOWY
PLAN
ODBUDOWY



Rzeczpospolita
Polska

Sfinansowane przez
Unię Europejską
NextGenerationEU



Ekspertyza dotycząca

„Wyznaczania priorytetowych inwestycji z zakresu retencji wodnej na terenie działania Lokalnego Partnerstwa Wodnego Powiatu Brodnickiego”

„Koncepcja systemu małej retencji – rozwiązania dla Powiatu Brodnickiego”

Bydgoszcz, grudzień 2025 r.

Zamawiający:

Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Minikowie

Wykonawca – Konsorcjum, w składzie:

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy (ITP-PIB)

z siedzibą w Falentach:

dr inż. Ewa Kanecka-Geszke, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

dr inż. Bogdan Bąk, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

dr inż. Tymoteusz Bolewski, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

mgr inż. Mateusz Kokoszewski, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego (UKW) w Bydgoszczy:

dr hab. Michał Habel, prof. uczelni, *UKW*

dr Dawid Szatten, *UKW*

dr Monika Szymańska-Walkiewicz, *UKW*

mgr inż. Marta Brzezińska, *UKW*

SPIS TREŚCI

I. Części opisowa

1. Wprowadzenie i cel opracowania.....	5
1.1. Charakterystyka celu koncepcji: poprawa bilansu wodnego, zwiększenie retencji wód opadowych i roztopowych, przeciwdziałanie skutkom suszy i powodzi.	5
1.2. Zakres terytorialny: obszar całego powiatu, z uwzględnieniem podziału na gminy i charakterystykę hydrograficzną.	7
1.3. Podstawy prawne, dokumenty strategiczne i wytyczne planistyczne (m.in. Ramowa Dyrektywa Wodna UE, prawo wodne, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego).	7
2. Charakterystyka obszaru.....	10
2.1. Położenie geograficzne, ukształtowanie terenu, podział na zlewnie i mikrozwlewnie.	10
2.2. Warunki klimatyczne i hydrologiczne (opady, temperatura, ewapotranspiracja, przepływy w ciekach).	11
2.3. Charakterystyka gleb, użytkowania gruntów i pokrycia terenu (lasy, użytki rolne, tereny zurbanizowane. Występowanie wód powierzchniowych (rzeki, potoki, jeziora, stawy, bagna, mokradła) oraz ich stan ekologiczny.	15
2.4. Diagnoza aktualnych problemów wodnych (susze rolnicze, podtopienia, erozja gleb, obniżenie poziomu wód gruntowych).	17
3. Analiza warunków hydrologicznych i bilansu wodnego.	18
3.1. Identyfikacja kluczowych cieków i zbiorników wodnych.	18
3.2. Analiza danych hydrometrycznych i hydrologicznych	19
3.3. Wskazanie obszarów szczególnie narażonych na deficyt wody lub szkody powodziowe.....	28
4. Koncepcja systemu małej retencji.....	33
4.1. Cele strategiczne: poprawa retencji, podniesienie bioróżnorodności, wzmacnianie usług ekosystemowych, ochrona przed suszą i powodzią.	33
4.2. Ocena potrzeb rozwoju melioracji w powiecie według wybranych wskaźników.....	34
5. Proponowane środki i rozwiązania.	39
5.1. Budowa i renowacja małych zbiorników retencyjnych (stawy, oczka wodne).	40
5.2. Tworzenie zastawek, jazów, progów i drobnych obiektów hydrotechnicznych spowalniających spływ wody.	40
5.3. Renaturyzacja cieków (meandrowanie, przywracanie terenów zalewowych).	41
5.4. Zagospodarowanie terenów bagiennych, mokradeł i obszarów podmokłych celem zwiększenia retencji glebowe.....	42

5.5.	Mała retencja leśna (rowy melioracyjne zamykane zastawkami, retencja w mokradłach leśnych).	46
5.6.	Działania agroekologiczne zwiększające retencję w rolnictwie (pasy roślinności, mulczowanie, poprawa struktury gleby).	53
6.	Analiza wariantów i dobór optymalnych rozwiązań (dwa obiekty na terenie powiatu).	60
6.1.	Przygotowanie wariantów rozwiązań w zależności od uwarunkowań terenowych i ekonomicznych.....	60
6.2.	Ocena efektywności poszczególnych rozwiązań na podstawie symulacji hydrologicznych (zmiany przepływów, retencja).	61
6.3.	Analiza kosztów inwestycyjnych i utrzymaniowych oraz korzyści społeczno-ekonomicznych (poprawa warunków rolniczych, zmniejszenie strat powodziowych, poprawa jakości środowiska).....	62
6.4.	Wytypowanie wariantu rekomendowanego do dalszego wdrożenia.	75
7.	Harmonogram wdrażania i ramy organizacyjne.	95
7.1.	Etapowanie prac (krótko-, średnio- i długoterminowe działania).....	95
7.2.	Propozycje koordynacji między jednostkami samorządowymi, zarządcami wód, rolnikami, leśnikami, społecznościami lokalnymi.	97
7.3.	Wskazanie możliwych źródeł finansowania (środki własne samorządu, fundusze unijne, dotacje krajowe, partnerstwa publiczno-prywatne).....	100
8.	Wnioski i rekomendacje końcowe	110
8.1.	Podsumowanie najważniejszych rezultatów koncepcji	110
8.2.	Rekomendacje dla dalszych działań strategicznych i operacyjnych.....	111
8.3.	Kierunki pogłębionych analiz i możliwości rozszerzenia działań na inne obszary	112
9.	Literatura	114
II. Część graficzna		
1.	Mapy przeglądowe obszaru powiatu.....	116
2.	Mapy koncepcyjne rozwiązań.....	117
3.	Rysunki schematyczne i przekroje.....	117
4.	Legendy i opisy map.....	118

I. Część opisowa

1. Wprowadzenie i cel opracowania.

1.1. Charakterystyka celu koncepcji: poprawa bilansu wodnego, zwiększenie retencji wód opadowych i roztopowych, przeciwdziałanie skutkom suszy i powodzi.

Potrzeba opracowania koncepcji systemu małej retencji wodnej na obszarze działania Lokalnego Partnerstwa Wodnego (LPW) Powiatu Brodnickiego wynika wprost z zapisów obowiązujących dokumentów planistycznych i strategicznych, w szczególności PPW dla powiatu, a także dokumentów gminnych, takich jak studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz lokalne strategie rozwoju. Dokumenty te jednoznacznie wskazują na konieczność podejmowania działań ukierunkowanych na poprawę bilansu wodnego oraz zwiększenie zdolności retencyjnych obszaru powiatu, jako kluczowego elementu adaptacji do postępujących zmian klimatu.

Zgodnie z ustaleniami PPW, powiat brodnicki charakteryzuje się istotnym zróżnicowaniem warunków hydrologicznych, przy jednoczesnym występowaniu obszarów szczególnie wrażliwych zarówno na deficyty wodne, jak i na zagrożenia powodziowe. Pomimo relatywnie dobrze rozwiniętej sieci hydrograficznej oraz obecności licznych jezior, rzek i obszarów podmokłych, obserwuje się narastające problemy związane z szybkim odpływem wód opadowych i roztopowych, obniżaniem poziomu wód gruntowych oraz pogarszaniem warunków wodnych na terenach użytkowanych rolniczo.

Opracowania i analizy realizowane w ramach LPW w województwie kujawsko-pomorskim wskazują, że racjonalna gospodarka wodna oraz rozwój systemów małej retencji stanowią jeden z kluczowych priorytetów planowania wodnego również w powiecie brodnickim. Potrzeba ta jest konsekwencją obserwowanego wzrostu częstotliwości i intensywności zjawisk ekstremalnych, w tym okresów suszy meteorologicznej, rolniczej i hydrologicznej, jak również epizodów gwałtownych opadów prowadzących do lokalnych podtopień i wezbrań.

Uwarunkowania przyrodnicze powiatu brodnickiego, obejmujące obecność obszarów młodogłacjalnych, liczne obniżenia terenowe, doliny rzeczne oraz tereny jeziorne, stwarzają jednocześnie istotny potencjał dla rozwoju działań retencyjnych. Potencjał ten nie jest jednak w pełni wykorzystywany, m.in. ze względu na niedostatecznie rozwiniętą i często zdekapitalizowaną infrastrukturę melioracyjną, brak

spójnych rozwiązań piętrzących oraz niewystarczające wykorzystanie naturalnych form retencji krajobrazowej.

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na pogorszenie bilansu wodnego jest intensyfikacja użytkowania rolniczego części obszarów powiatu, prowadzona bez równoczesnego wdrażania kompleksowych rozwiązań proretencyjnych. Skutkuje to przyspieszonym odprowadzaniem wód opadowych i roztopowych z lokalnych zlewni oraz ograniczeniem ich infiltracji do gleby i wód podziemnych.

Celem opracowania koncepcji systemu małej retencji wodnej dla obszaru działania LPW Powiatu Brodnickiego jest zatem stworzenie spójnych i skoordynowanych ram planistycznych dla działań zmierzających do lokalnego zatrzymywania wód opadowych i roztopowych, poprawy bilansu wodnego oraz ograniczenia negatywnych skutków zarówno suszy, jak i wezbrań powodziowych. Działania te powinny łączyć rozwiązania przyrodnicze, krajobrazowe i rolnicze z rozwojem infrastruktury małej retencji, obejmującej m.in. zbiorniki wodne, oczka wodne, stawy, urządzenia piętrzące, renaturyzację cieków oraz ochronę i odtwarzanie terenów podmokłych.

Koncepcja powinna w szczególności obejmować:

- analizę zasobów wodnych i bilansu wodnego w skali powiatu,
- ocenę możliwości retencionowania wód powierzchniowych i gruntowych,
- propozycje działań infrastrukturalnych i rozwiązań opartych na procesach naturalnych,
- ocenę spodziewanych efektów hydrologicznych, środowiskowych i rolniczych,
- analizę ekonomiczną planowanych działań i możliwości ich etapowej realizacji.

Opracowanie kompleksowej koncepcji systemu małej retencji wodnej umożliwi racjonalne planowanie i wdrażanie działań retencyjnych w skali całego powiatu brodnickiego. Zwiększenie zdolności magazynowania wody przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa wodnego, ograniczenia skutków suszy i powodzi, stabilizacji warunków produkcji rolnej oraz poprawy stanu środowiska przyrodniczego. Jednocześnie współpraca w ramach LPW stworzy podstawy do skutecznego pozyskiwania środków finansowych z programów krajowych i unijnych, w tym m.in. funduszy NFOŚiGW, Wód Polskich, PS WPR 2023–2027, RPO 2021–2027 oraz budżetów jednostek samorządu terytorialnego.

1.2. Zakres terytorialny: obszar całego powiatu, z uwzględnieniem podziału na gminy i charakterystykę hydrograficzną.

Powiat brodnicki położony jest w północno-wschodniej części województwa kujawsko-pomorskiego. Powierzchnia powiatu wynosi 1039,98 km², co stanowi około 5,8% powierzchni województwa. Siedzibą powiatu jest miasto Brodnica. W skład powiatu brodnickiego wchodzi gminy: Bartniczka, Bobrowo, Brodnica (gmina wiejska), Brzozie, Górzno, Jabłonowo Pomorskie, Osiek, Świdziebnia, Zbiczno oraz miasto Brodnica.

Opisywany powiat graniczy z powiatami: grudziądzkim, wąbrzeskim, golubsko-dobrzyńskim oraz rypińskim.



Ryc. 1.2.1. Podział administracyjny powiatu brodnickiego

1.3. Podstawy prawne, dokumenty strategiczne i wytyczne planistyczne (m.in. Ramowa Dyrektywa Wodna UE, prawo wodne, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego).

Krajowe dokumenty o znaczeniu strategicznym:

- **Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. (Ramowa Dyrektywa Wodna).** Ustanawia ramy wspólnotowej polityki wodnej, promując zintegrowane zarządzanie wodami w dorzeczach. Kładzie nacisk na ochronę zasobów wodnych i poprawę ich jakości. Retencja traktowana jest jako jedno z narzędzi realizacji celów dyrektywy.

- **Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1566 z późn. zm.)**
Podstawowy akt prawny regulujący gospodarowanie wodami w Polsce. Określa zasady retencji, ochrony zasobów wodnych i funkcjonowania spółek wodnych. Stanowi ramę prawną dla wszystkich działań retencyjnych na poziomie lokalnym i krajowym.
- **Polityka Wodna Państwa do 2030 r.** Dokument strategiczny wyznaczający cele gospodarowania wodą w Polsce, uwzględniający zmiany klimatyczne i rosnące potrzeby wodne. Retencja wód opadowych jest wskazana jako kluczowy element adaptacji. Wszystkie jednostki samorządu muszą się do niej odnosić przy planowaniu inwestycji wodnych.
- **Krajowy Program Gospodarki Wodnej (KPGW) 2016–2022 (II cykl), aktualizacja od 2023 r.** Określa działania i inwestycje w gospodarce wodnej, w tym rozwój retencji i modernizację infrastruktury. Uwzględnia potrzeby regionalne i lokalne, wskazując obszary deficytowe. Stanowi podstawę dla planowania projektów retencyjnych w powiatach.
- **Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły (PGW Wisła)**
Dokument planistyczny opracowany przez Wody Polskie w ramach wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej. Określa cele środowiskowe i działania dla poprawy stanu wód w dorzeczu Wisły, w tym rozwój retencji. Obowiązuje na obszarze większości powiatów województwa kujawsko-pomorskiego.
- **Plan przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS).** Dokument strategiczny opracowany przez Wody Polskie, zawierający ocenę zagrożenia suszą i propozycje działań zapobiegawczych. Wskazuje na konieczność zwiększenia retencji wód opadowych i poprawy zarządzania zasobami wodnymi. Stanowi podstawę do planowania inwestycji przeciwsuszowych.
- **Program Przeciwdziałania Niedoborowi Wody (PPNW) 2023–2027 z perspektywą do 2030 r.** Skierowany głównie do obszarów rolniczych i wiejskich, gdzie niedobór wody jest szczególnie dotkliwy. Promuje budowę zbiorników retencyjnych, rozwój partnerstw wodnych i edukację rolników. Stanowi narzędzie wsparcia dla lokalnych działań retencyjnych.
- **Krajowy Program Renaturyzacji Wód Powierzchniowych (KPRWP).** Program opracowany przez Ministerstwo Infrastruktury i Wody Polskie, mający na celu przywracanie naturalnych funkcji cieków wodnych. Uwzględnia działania

retencyjne oparte na rozwiązaniach przyrodniczych (NBS). Wspiera poprawę bilansu wodnego i ochronę bioróżnorodności.

Wojewódzkie dokumenty o znaczeniu strategicznym:

- **Strategia Rozwoju Województwa Kujawsko-Pomorskiego 2020–2030** – obowiązuje od 2020 r. Dokument wyznacza kierunki rozwoju regionu, uwzględniając adaptację do zmian klimatu. Retencja wodna jest wskazana jako jeden z priorytetów w kontekście ochrony zasobów i bezpieczeństwa rolniczego. Strategia wspiera lokalne inicjatywy retencyjne.
- **Program Ochrony Środowiska Województwa Kujawsko-Pomorskiego 2022-2030** – obowiązuje od 2022 r. Zawiera cele i działania związane z ochroną zasobów wodnych, przeciwdziałaniem suszy i poprawą bilansu wodnego. Wskazuje na konieczność zwiększenia retencji wód opadowych. Dokument wspiera realizację projektów retencyjnych na poziomie lokalnym.
- **Regionalny Program Operacyjny Województwa Kujawsko-Pomorskiego 2021-2027** – obowiązuje od 2021 r. Stanowi źródło finansowania projektów z zakresu gospodarki wodnej, w tym retencji. Umożliwia realizację inwestycji w zbiorniki wodne, systemy melioracyjne i zieloną infrastrukturę. Dokument wspiera wdrażanie rozwiązań poprawiających zatrzymywanie wody.
- **Diagnoza społeczno-gospodarcza rolnictwa i obszarów wiejskich KPODR – 2017-2019**. Analiza SWOT identyfikuje problemy związane z dostępem do wody i potrzebą retencji na obszarach wiejskich. Dokument wskazuje gminy szczególnie narażone na suszę. Stanowi podstawę do planowania działań retencyjnych w powiatach.

Regionalne/lokalne dokumenty o znaczeniu strategicznym:

- **Powiatowy Plan Wodny Powiatu Brodnickiego – 2021-2030, KPODR w Minikowie**. Dokument wskazuje na potrzebę zwiększenia retencji w gminach Bobrowo i Świdziebnia, gdzie występują okresowe niedobory wody i duże znaczenie ma produkcja rolnicza. Zwraca uwagę na konieczność modernizacji systemów melioracyjnych oraz budowy małych zbiorników wodnych w obszarach o niskiej infiltracji

- **Powiatowe Plany Wodne – rola i znaczenie – 2021, KPODR Minikowo**
Publikacja podkreśla znaczenie lokalnych planów wodnych w zarządzaniu zasobami wodnymi. Wskazuje na potrzebę dostosowania działań retencyjnych do warunków hydrologicznych i struktury użytkowania gruntów w powiecie brodnickim.
- **Lokalne Partnerstwa Wodne – stan obecny i perspektywy – 2023, KPODR Minikowo.** Opracowanie opisuje działania LPW w powiecie brodnickim. Wskazuje na ich rolę w inicjowaniu projektów retencyjnych i wspieraniu edukacji lokalnych interesariuszy.

2. Charakterystyka obszaru.

2.1. Położenie geograficzne, ukształtowanie terenu, podział na zlewnie i mikrozlewnie.

Powiat brodnicki położony jest w północno-wschodniej części województwa kujawsko-pomorskiego, na pograniczu Pojezierza Chełmińskiego-Dobrzyńskiego i Pojezierza Brodnickiego. Od wschodu i północy graniczy z województwem warmińsko-mazurskim, a jego położenie stanowi istotny element strefy przejściowej pomiędzy obszarami pojeziernymi a nizinami środkowej Polski.

Ukształtowanie terenu powiatu jest wyraźnie zróżnicowane i w dużej mierze uwarunkowane rzeźbą młodoglacjalną. Dominują formy polodowcowe, takie jak wysoczyzny morenowe, pagórki i wały moren czołowych, rynny subglacjalne oraz liczne obniżenia bezodpływowe. Charakterystycznym elementem krajobrazu są także liczne jeziora polodowcowe oraz doliny rzeczne o zmiennej szerokości i głębokości. Rzeźba terenu sprzyja lokalnemu gromadzeniu wód, ale jednocześnie powoduje szybki spływ powierzchniowy na stokach wysoczyzn.

Pod względem hydrograficznym powiat brodnicki należy niemal w całości do dorzecza Wisły. Głównym elementem sieci rzecznej jest rzeka Drwęca, która przepływa przez wschodnią i północną część powiatu i stanowi oś hydrologiczną regionu. Do najważniejszych dopływów Drwęcy na obszarze powiatu należą m.in. Brynica, Skarlanka oraz Struga Brodnicka, a także liczne mniejsze cieki i rowy melioracyjne.

Obszar powiatu podzielony jest na szereg zlewni cząstkowych i mikrozlewni, obejmujących zarówno zlewnie rzeczne, jak i obszary zasilające jeziora oraz tereny podmokłe. Mikrozlewnie charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem pod względem powierzchni, spadków terenu i zdolności retencyjnych. W wielu z nich istotną rolę

odgrywają naturalne zbiorniki wodne, torfowiska, obniżenia terenowe oraz odcinki dolin rzecznych, które pełnią funkcję lokalnych magazynów wody.

2.2. Warunki klimatyczne i hydrologiczne (opady, temperatura, ewapotranspiracja, przepływy w ciekach).

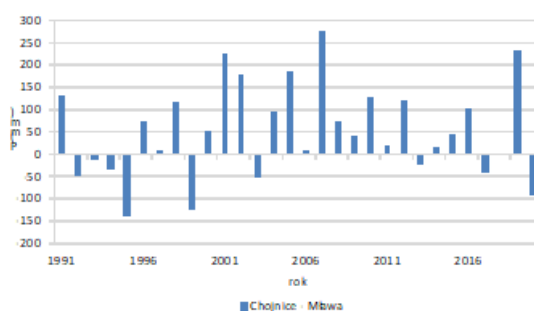
Na obszarze powiatu brodnickiego można wyróżnić dwa regiony klimatyczne: na wschodzie i w centrum regionu Zachodniomazurski, na zachodzie region Chełmińsko-Toruński (Woś, 1996). W pierwszym przypadku obszar oddziaływania klimatu, który częściej jest kształtowany masami powietrza kontynentalnego niż polarno-morskiego, obejmuje między innymi rejon Górznieńsko-Lidzbarskiego Parku Krajobrazowego. Tutaj duży wpływ na warunki klimatyczne mają takie czynniki jak zróżnicowanie rzeźby terenu, obecność jezior i rozległych kompleksów leśnych. Najbardziej surowymi warunkami klimatycznymi charakteryzują się wyżej położone obszary wysoczyzny morenowej w okolicy Górzna oraz w północnej części Parku, gdzie utrzymuje się większa wilgotność powietrza a następowanie pór roku jest opóźnione w stosunku do zachodniej i południowej części województwa kujawsko-pomorskiego o kilkadziesiąt dni. Analizę warunków opadowych i termicznych w tych częściach powiatu przeprowadzono w oparciu o dane pochodzące ze stacji meteorologicznej IMGW-PIB w Mławie. W zachodniej części powiatu, na obszarze przyległym do Pojezierza Chełmińsko-Dobrzyńskiego, o warunkach atmosferycznych częściej decydują masy powietrza polarno-morskiego napływające z kierunków zachodnich. Stąd, warunki klimatyczne zbliżone są do istniejących w północnej części województwa kujawsko-pomorskiego. W tym przypadku dane reprezentatywne pochodzą ze stacji meteorologicznej IMGW-PIB w Chojnicach.

Różnice w przebiegu opadów wynikające ze zmienności klimatycznej powodowały, że w latach 1991-2020 średnia roczna suma opadów w Chojnicach wynosiła 612 mm, a w Mławie 562 mm, przy czym średnia wieloletnia różnica tych sum wynosiła 50 mm. Najbardziej zróżnicowanym rokiem pod względem opadów był 2007 r. kiedy w Chojnicach zanotowano 835 mm, a w Mławie 561 mm. Najmniejsze zróżnicowanie wynoszące zaledwie 1 mm zanotowano w 2018 r. Maksimum sum opadów w Chojnicach w badanym wieloleciu miało wartość 835 mm, minimum – 433 mm. W Mławie zanotowano odpowiednio: 860 mm i 390 mm. Zmienność opadów rocznych na obu stacjach i wynikające z tych przebiegów różnice przedstawiono na ryc. 2.2.1.

a)



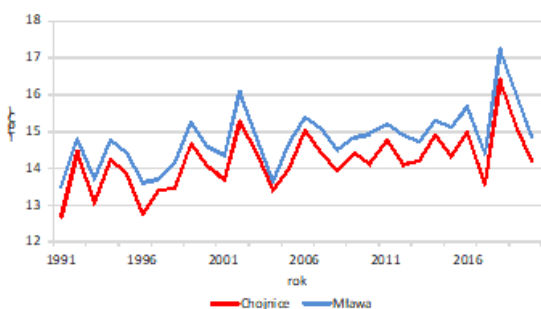
b)



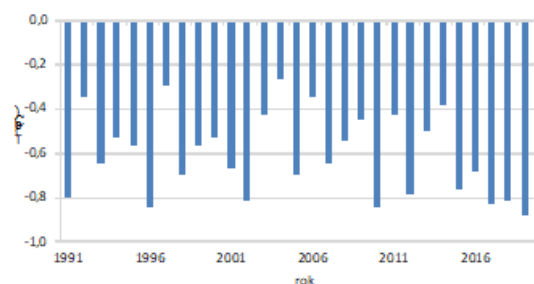
Ryc. 2.2.1. Przebieg opadów Chojnicach i w Mławie w wieloleciu 1991-2020: a) roczne sumy opadów atmosferycznych, b) różnice rocznych sum; źródło: ITP-PIB Oddział w Bydgoszczy na podstawie danych IMGW-PIB.

Analiza przebiegu temperatury powietrza na obu stacjach wykazała, że średnia wieloletnia roczna temperatura w Chojnicach wynosiła $8,1^{\circ}\text{C}$, minimalna $5,9^{\circ}\text{C}$, maksymalna $9,5^{\circ}\text{C}$. Analogicznie dla Mławy wartości te wynosiły odpowiednio: średnia $8,2^{\circ}\text{C}$, minimalna $6,2^{\circ}\text{C}$, maksymalna $9,9^{\circ}\text{C}$. W okresie wegetacyjnym powyższe statystyki miały wartość: $14,2^{\circ}\text{C}$, $12,7^{\circ}\text{C}$ i $16,4^{\circ}\text{C}$, a w Mławie: $14,8^{\circ}\text{C}$, $13,5^{\circ}\text{C}$ i $17,2^{\circ}\text{C}$. W przebiegu całego roku, jak i w okresach wegetacyjnych w Chojnicach zawsze notowano niższą temperaturę niż w Mławie. Średnia wieloletnia różnica w okresie rocznym wynosiła $0,1^{\circ}\text{C}$ i zmieniała się w zakresie od $0,3^{\circ}\text{C}$ do $-0,4^{\circ}\text{C}$. W sezonie wegetacyjnym średnia różnica była większa i wynosiła $-0,6^{\circ}\text{C}$, zmieniała się od $-0,3^{\circ}\text{C}$ do $-0,8^{\circ}\text{C}$ (ryc. 2.2.2).

a)



b)

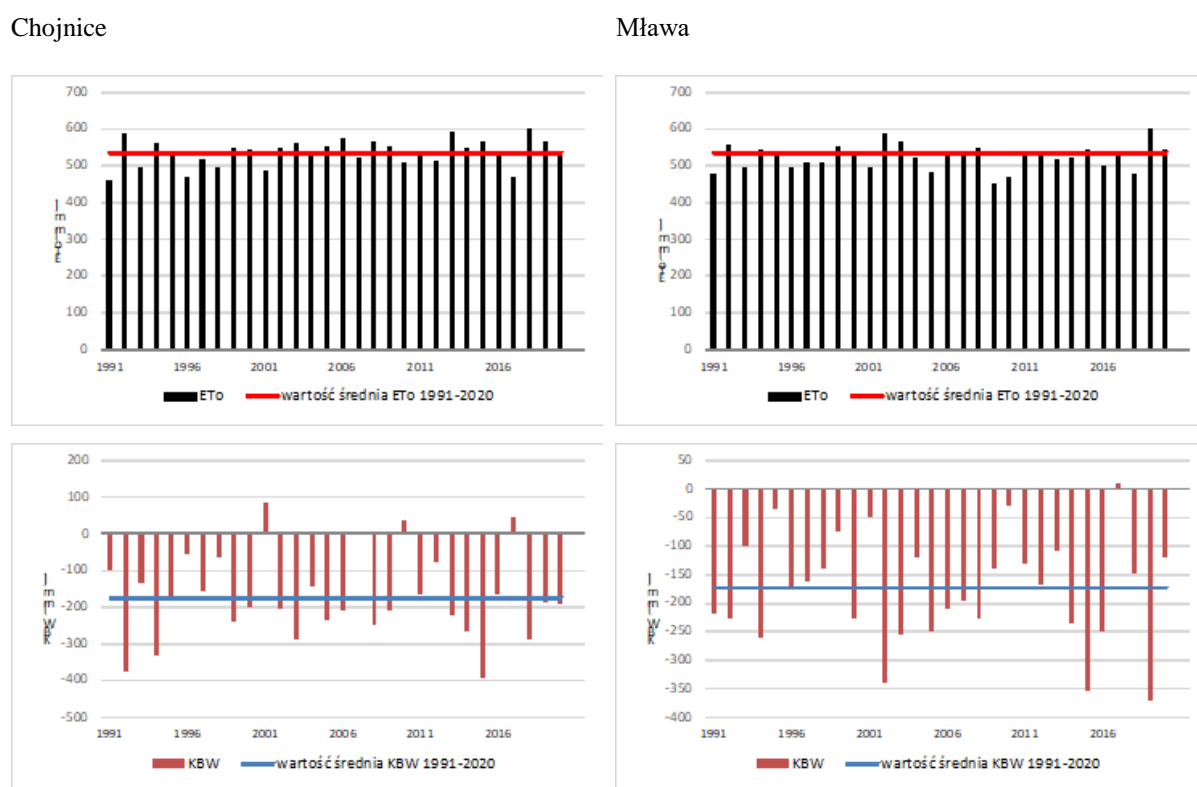


Ryc. 2.2.2. Przebieg temperatury w Chojnicach i w Mławie w wieloleciu 1991-2020: a) w przebiegu rocznym; b) różnice temperatury w okresie wegetacyjnym (IV-IX); źródło: ITP-PIB Oddział w Bydgoszczy na podstawie danych IMGW-PIB.

Zarówno w rejonie Chojnic, jak i w rejonie Brodnicy okres zimy jest dłuższy, pokrywa śnieżna utrzymuje się dłużej, później rozpoczyna się okres wegetacji, a liczba

dni z przymrozkami jest większa w stosunku do południowych rejonów województwa kujawsko-pomorskiego, np. w rejonie Kujawy.

Mimo różnic w przebiegu opadów i temperatury na obu stacjach w okresach wegetacyjnych, w przebiegu zmian ET_0 nie stwierdzono istotnych różnic. W Chojnicach średnia wartość ET_0 wynosiła 535 mm, przy zmienności od 460 mm do 601 mm. Analogicznie w Mławie wartości statystyk były następujące: 522 mm, 449 mm i 601 mm. Podobny wniosek nasuwa się przy analizie zmian wskaźnika klimatycznego bilansu wodnego KBW. W Chojnicach średnia wartość niedoboru opadów wynosiła -173 mm, przy czym w wieloleciu zmieniała się od -393 mm do 83 mm (przypadek nadwyżki opadów stosunku do ET_0). Dla Mławy analogiczne statystyki mają wartość: -178 mm, -373 mm i 7 mm. Przebieg wskaźników ET_0 i KBW na obu stacjach w wieloleciu 1991-2020 przedstawiono na ryc. 2.2.3.

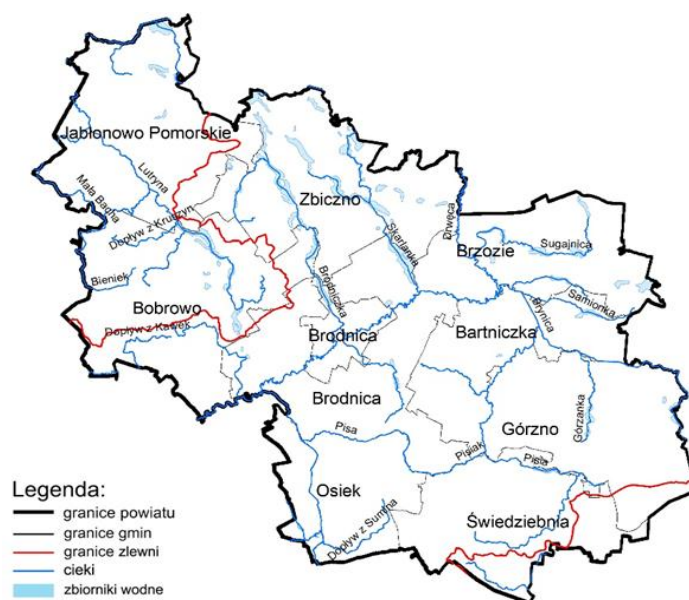


Ryc. 2.2.3. Przebieg ET_0 i KBW (mm) w Chojnicach i w Mławie w wieloleciu 1991-2020; źródło: ITP-PIB Oddział w Bydgoszczy na podstawie danych IMGW-PIB.

Według danych IMGW-PIB, porównując wielolecia 1971-2000 i 1991-2020 zauważalny jest trend wzrostu temperatury na całym obszarze powiatu brodnickiego, wyraźny wzrost opadów w jego zachodniej części i mniejszy w centrum i na wschodzie powiatu. Zmieniły się też na niekorzyść warunki dla rolnictwa spowodowane wzrostem

parowania. W efekcie zwiększył deficyt wody, co skutkuje szybszym wyczerpywaniem się wody niezbędnej do prowadzenia gospodarki rolniczej i zwiększającym się zagrożeniem suszą rolniczą. Zagrożenie suszą meteorologiczną i rolniczą powinno być zauważalne przede wszystkim na obszarach wybitnie rolniczych, natomiast mniejsze w rejonach skupisk obszarów leśnych i licznych w tym powiecie jezior.

Znaczna część powiatu brodnickiego położona jest w dorzeczu Wisły, a głównym ciekim wodnym regionu jest rzeka Drwęca, która przepływa przez Brodnicę i stanowi najważniejszą oś hydrograficzną powiatu. W północno-wschodniej części powiatu występują także dopływy rzeki Osy, a liczne mniejsze cieki i strugi zasilają system wodny Drwęcy. Obszar powiatu wyróżnia się dużą liczbą jezior polodowcowych, szczególnie w rejonie Pojezierza Brodnickiego, co nadaje mu charakter krainy jezior.



Ryc. 2.2.4. Sieć hydrograficzna powiatu brodnickiego

Największe natężenie przepływu w granicach powiatu cechuje rzeka Drwęca. Średni roczny przepływ Drwęcy w rejonie Brodnicy (posterunek wodowskazowy Brodnica) wynosi około $15\text{--}18\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Wartości przepływu w mniejszych dopływach, takich jak Osa, są znacznie niższe i kształtują się na poziomie $2\text{--}3\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

Powiat brodnicki charakteryzuje się umiarkowanymi wartościami średniego rocznego odpływu jednostkowego. W większości obszaru wartości te mieszczą się w granicach $2,5\text{--}3,0\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, a w rejonach jeziornych i dolin rzecznych są nieco wyższe. Na bilans wodny wpływają przede wszystkim warunki klimatyczne oraz lokalne uwarunkowania środowiskowe, które sprzyjają stosunkowo wysokiemu poziomowi

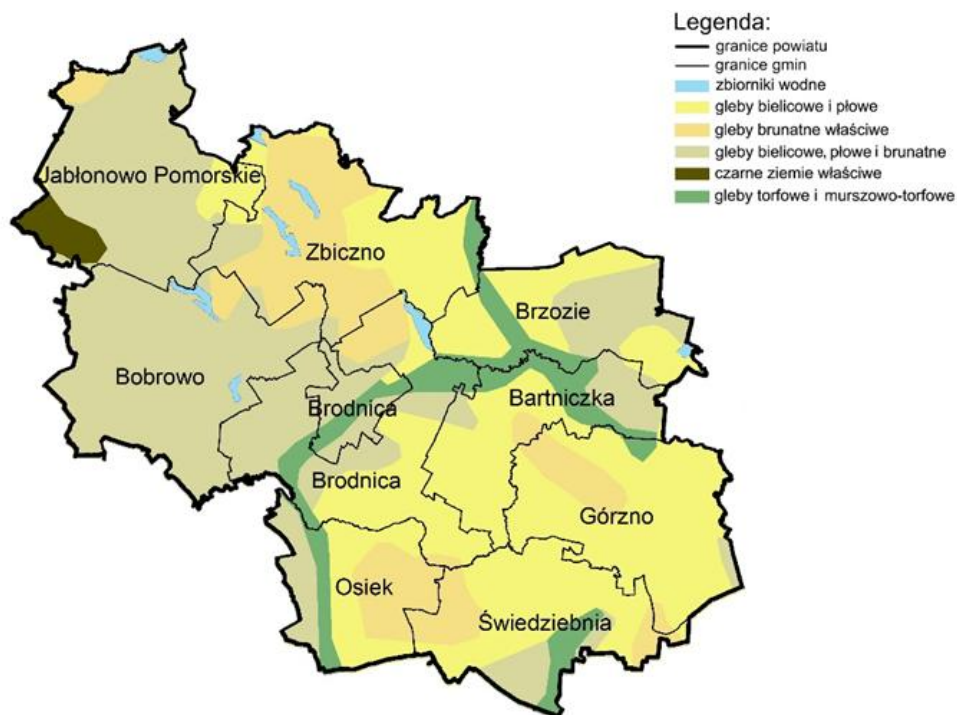
parowania terenowego. W konsekwencji bilans wodny powiatu jest ograniczony, co przekłada się na umiarkowane wartości odpływu jednostkowego.

2.3. Charakterystyka gleb, użytkowania gruntów i pokrycia terenu (lasy, użytki rolne, tereny zurbanizowane. Występowanie wód powierzchniowych (rzeki, potoki, jeziora, stawy, bagna, mokradła) oraz ich stan ekologiczny.

Powiat brodnicki cechuje się zróżnicowanymi warunkami glebowymi, uwarunkowanymi rzeźbą młodoglacjalną. Na wysoczyznach morenowych dominują gleby mineralne (głównie brunatne i płowe), użytkowane rolniczo, natomiast w dolinach rzecznych, obniżeniach terenowych oraz strefach jeziornych występują gleby hydrogeniczne, w tym gleby torfowe i murszowe, o wysokiej zdolności retencyjnej i istotnym znaczeniu dla bilansu wodnego.

Struktura użytkowania gruntów ma charakter rolniczo-leśny. Użytki rolne zajmują znaczną część powierzchni powiatu (66,8%) co świadczy o dominacji funkcji produkcyjnej powiatu. i obejmują głównie grunty orne, a w mniejszym stopniu trwałe użytki zielone,. W strukturze użytków rolnych największy udział mają grunty orne, które stanowią około 70,3% tej kategorii. Łąki i pastwiska skoncentrowane w dolinach cieków i na terenach podmokłych zajmują około 7,1%, natomiast sady około 2–3%.

Znaczący udział lasów (blisko 22%), zwłaszcza w północnej i wschodniej części powiatu, korzystnie wpływa na warunki hydrologiczne poprzez zwiększenie retencji krajobrazowej, ograniczenie spływu powierzchniowego oraz stabilizację wilgotności gleb. Tereny zurbanizowane zajmują niewielki udział powierzchni powiatu (4%) i koncentrują się głównie w obrębie miasta Brodnicy oraz ośrodków gminnych, lokalnie powodując uszczelnienie powierzchni i wzrost odpływu.



Ryc. 2.3.1. Pokrywa glebowa powiatu brodnickiego

Najwyższą wartością rolniczą, mierzoną wskaźnikiem jakości przestrzeni produkcyjnej, wyróżniają się gleby gmin Osiek, Jabłonowo Pomorskie, Bobrowo oraz Brodnica. Z kolei naj słabsze parametry odnotowano w gminach Brzozie i Górzno. O poziomie przydatności rolniczej dobrze świadczy udział gleb zaliczanych do najwyższych klas bonitacyjnych (I–IV). W powiecie brodnickim kształtuje się on następująco: Bobrowo – 83,8% powierzchni użytków rolnych, Brodnica – 84,4%, Brzozie – 68,2%, Górzno – 65,7%, Bartniczka – 76,1%, Jabłonowo Pomorskie – 90,8%, Osiek – 94,2%, Świdziebnia – 72% oraz Zbiczno – 68,4%.

Obszar powiatu brodnickiego pod względem hydrograficznym znajduje się w zlewni Wisły oraz jej prawobrzeżnych dopływów: Skrwy, Drwęcy i Osy. Główną osią hydrograficzną regionu jest rzeka Drwęca, będąca najdłuższym prawobrzeżnym dopływem dolnej Wisły. Na terenie powiatu występuje wiele jezior, szczególnie licznych na obszarze Pojezierza Brodnickiego.

Powiat brodnicki często określany jest mianem „krajny 101 jezior”. Zbiorniki wodne zajmują tu ponad 2,8 tys. hektarów, co odpowiada 11,3% powierzchni oraz całkowitych zasobów jeziornych województwa kujawsko-pomorskiego. Istotnym elementem środowiska hydrograficznego i przyrodniczego powiatu są mokradła, które najczęściej występują na terasach zalewowych i nadzalewowych doliny Drwęcy. Spotkać

je można również w rejonie ujścia Rypienicy i Skarlanki, w dolinie Brynicy, a także w otoczeniu płytkich, stopniowo zanikających jezior.

Wody powierzchniowe pełnią kluczową rolę w lokalnej retencji i stanowią ważny element przyrodniczy regionu, zwłaszcza liczne jeziora Brodnickiego Parku Krajobrazowego. Stan ekologiczny jezior i rzek jest zróżnicowany. Drwęca utrzymuje stosunkowo dobre parametry jakościowe, natomiast część mniejszych jezior i cieków wykazuje problemy związane z eutrofizacją, presją rekreacyjną i spływami rolniczymi. Umiarkowany stan ekologiczny stwierdzono m.in. na Lutrynie, której oceniany odcinek w granicach powiatu obejmuje górny bieg ciek, narażony na presję rolniczą i ograniczoną zdolność samooczyszczania.

2.4. Diagnoza aktualnych problemów wodnych (susze rolnicze, podtopienia, erozja gleb, obniżenie poziomu wód gruntowych).

Powiat brodnicki charakteryzuje duża zmienność warunków wodnych, wynikająca z dużego udziału rzek i jezior oraz intensywnego użytkowania rolniczego. W strukturze hydrograficznej dominują doliny rzeczne i ciągi jeziorne, które lokalnie stabilizują bilans wodny, jednak znaczna część obszaru narażona jest na okresowe niedobory wody.

Najpoważniejszym problemem jest susza rolnicza, dotycząca głównie terenów wysoczyznowych o wysokim udziale gruntów ornych. Deficyty wody w glebie występują cyklicznie i bezpośrednio wpływają na produkcję rolną, szczególnie na obszarach pozbawionych naturalnych barier retencyjnych. Jednocześnie w obniżeniach terenowych, zwłaszcza w dolinach Drwęcy i mniejszych cieków, okresowo pojawiają się podtopienia będące skutkiem wezbrań wód oraz wysokich stanów jezior.

Lokalnie obserwuje się obniżanie poziomu wód gruntowych, co wiąże się z intensywną gospodarką rolną oraz przekształceniami terenów podmokłych. Zjawisko to przyspiesza degradację siedlisk wilgotnych i wpływa na zmniejszenie zasobów wodnych gleb.

W wielu miejscach stwierdza się również procesy erozji wodnej, szczególnie na obszarach o większych spadkach terenu. Powoduje to wymywanie składników pokarmowych oraz przyspieszoną eutrofizację wód jeziornych.

Powiat brodnicki wymaga działań poprawiających retencję krajobrazową, spowalniających odpływ wody i chroniących zasoby glebowe. Kluczowe znaczenie mają

tu inwestycje w małą retencję, optymalizację systemów melioracyjnych i ograniczenie erozji, szczególnie na terenach rolniczych o dużej produktywności.

3. Analiza warunków hydrologicznych i bilansu wodnego.

3.1. Identyfikacja kluczowych cieków i zbiorników wodnych.

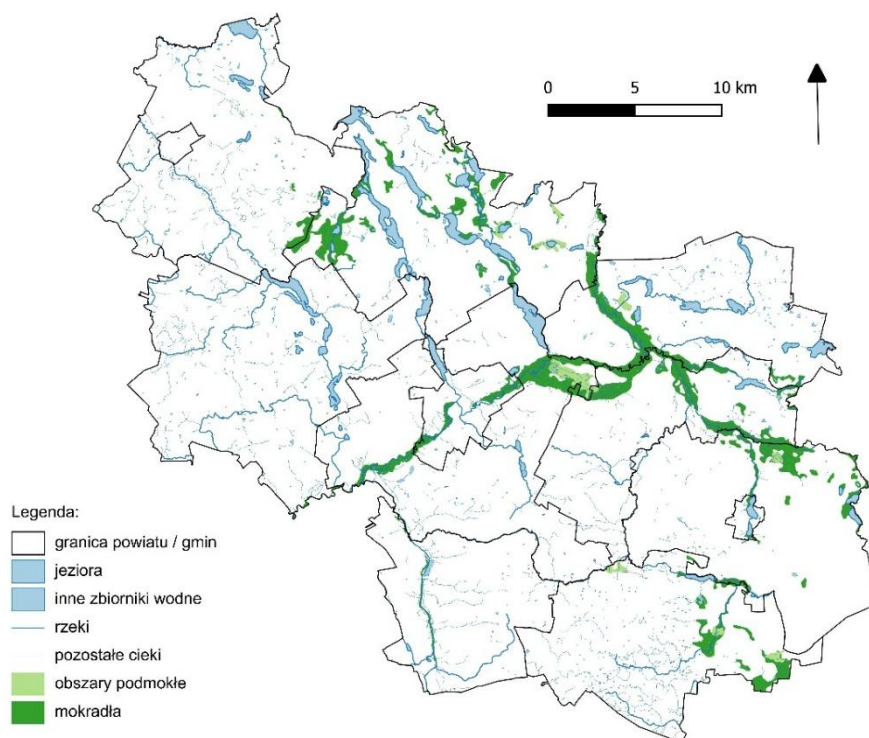
Powiat brodnicki cechuje stosunkowo bogata sieć hydrograficzna, na którą składają się rzeki dorzecza Wisły.

Głównymi ciekami w dorzeczu Wisły, są Drwęca – wraz z dopływami (lewymi): Rypienią, Pisą, Pisią, Brynicą, Sugajnicą oraz (prawymi) Skarlanką, Brodniczką oraz Dopływ spod Chojna. Poza tym wyróżnić można rzekę Lutrynę z Bachą oraz na drobnym fragmencie w obrębie granicy powiatu – rzekę Osę.

W obszarze powiatu brodnickiego znajdują się liczne jeziora, należące do Pojezierza Brodnickiego, w tym do kluczowych należą: jezioro Płowęż (zlewnia rzeki Osy), jezioro Wądryńskie, Oleczno, Chojeńskie (zlewnia rzeki Lutryny). Najwięcej jezior występuje w zlewni Drwęcy, gdzie do najważniejszych zaliczyć można: Niskie Brodno, Wysokie Brodno, Łąki, Sosno, Mieliwo, Głowińskie, Ciche, Zbiczno, Strażym, Bachotek, Robotno, Dębno, jeziora Głęboczek, Janowskie, Forbin, Sosono, Sugajno, Górznieńskie, Młyńskie oraz jeziora Bryńskie Północne i Południowe.

W obrębie powiatu znajduje się również znaczący odsetek obszarów podmokłych (bagna, torfowiska oraz mokradła), główna ich koncentracja występuje w dnie doliny Drwęcy oraz w dnach rynien jeziornych, m.in. Brynicy, Skarlanki oraz Brodniczki.

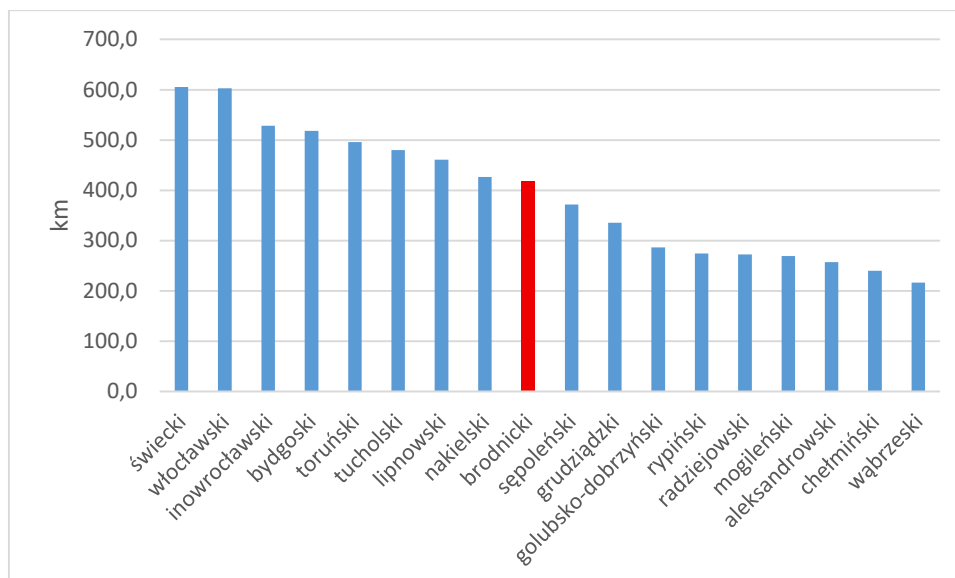
Szczegółowy rozkład przestrzenny cieków, jezior, zbiorników wodnych, bagien, torfowisk oraz mokradeł przedstawia rycina 3.1.1.



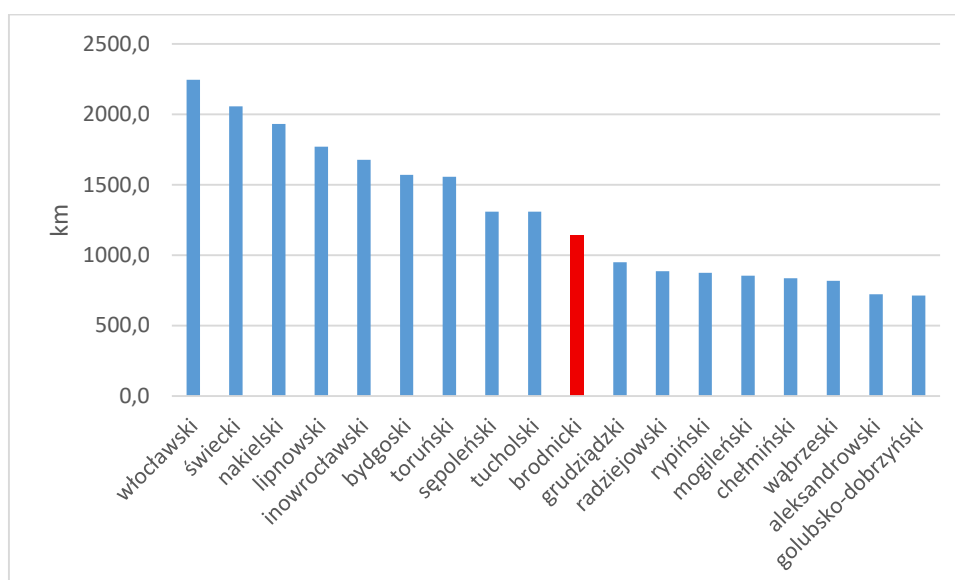
Ryc. 3.1.1. Sieć hydrograficzna powiatu brodnickiego.

3.2. Analiza danych hydrometrycznych i hydrologicznych

Dane hydrometryczne cieków leżących w powiecie brodnickim wykazują, iż łączna długość cieków – klasyfikowanych w Mapie Podziału Hydrograficznego Polski jako rzeki główne, wynosi około 418,9 km, natomiast łączna długość cieków pozostałych – klasyfikowanych w Mapie Podziału Hydrograficznego Polski jako rzeki mniejsze, kanały i rowy, wynosi około 723,3 km. Łączna długość wszystkich obiektów hydrograficznych liniowych w obrębie powiatu wynosi około 1 142,2 km.

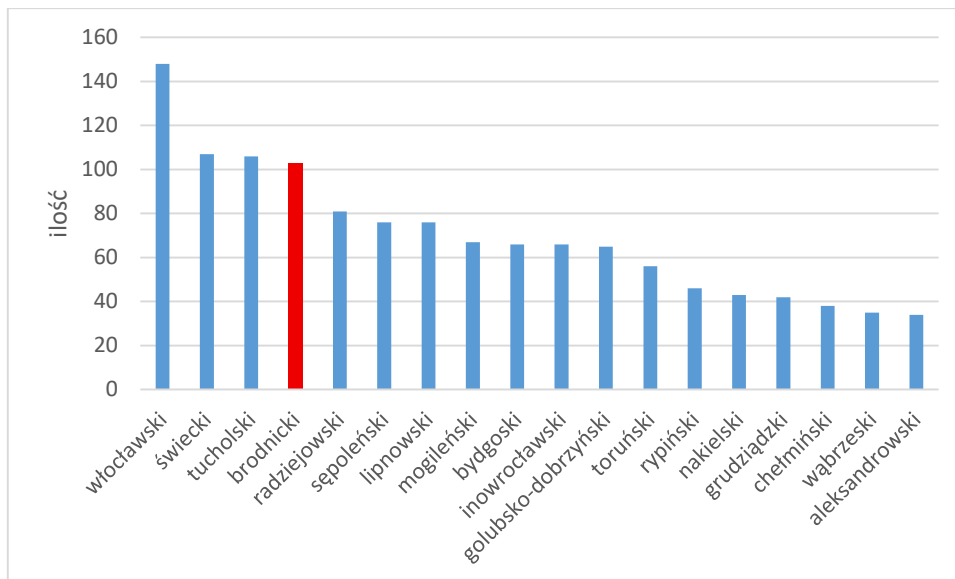


Ryc. 3.2.1. Łączna długość cieków sklasyfikowanych jako rzeki główne w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu znińskiego).

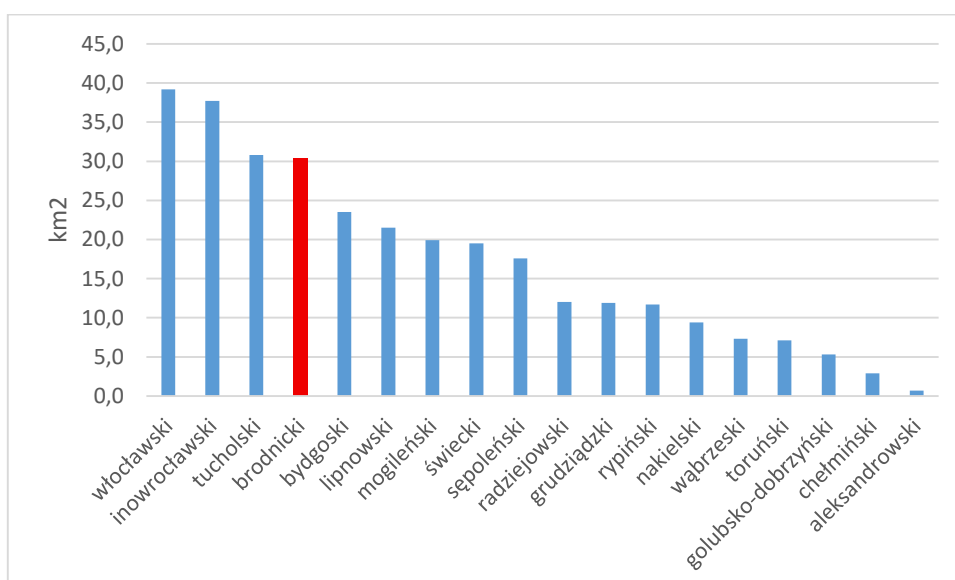


Ryc. 3.2.2. Łączna długość wszystkich obiektów hydrograficznych w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu znińskiego).

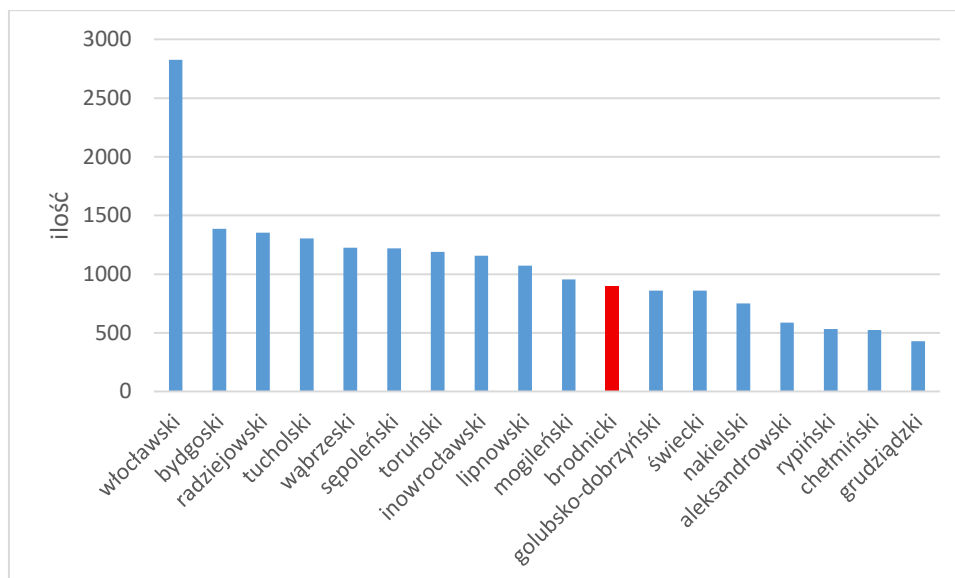
Bazując na ww. źródle, ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako jeziora wynosi 103, ich powierzchnia oscyluje w zakresie od 1 139,7 m² do 3 194 291,9 m², przy sumarycznej powierzchni jezior wynoszącej około 30,3 km². Natomiast ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne wynosi 898, ich powierzchnia oscyluje w zakresie od 434,8 m² do 171 846,4 m², przy sumarycznej powierzchni zbiorników wodnych wynoszącej około 4,5 km².



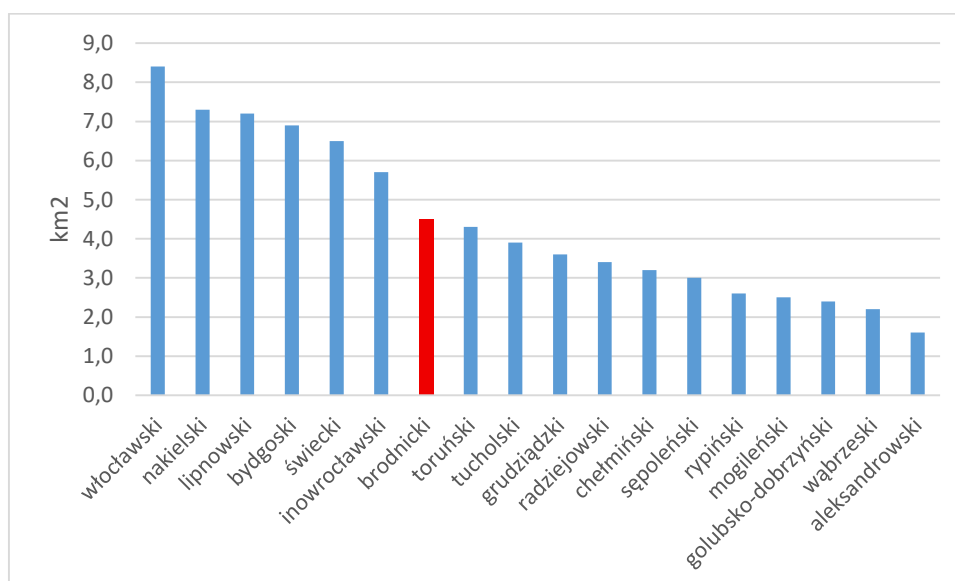
Ryc. 3.2.3. Ilość jezior w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).



Ryc. 3.2.4. Powierzchnia jezior w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

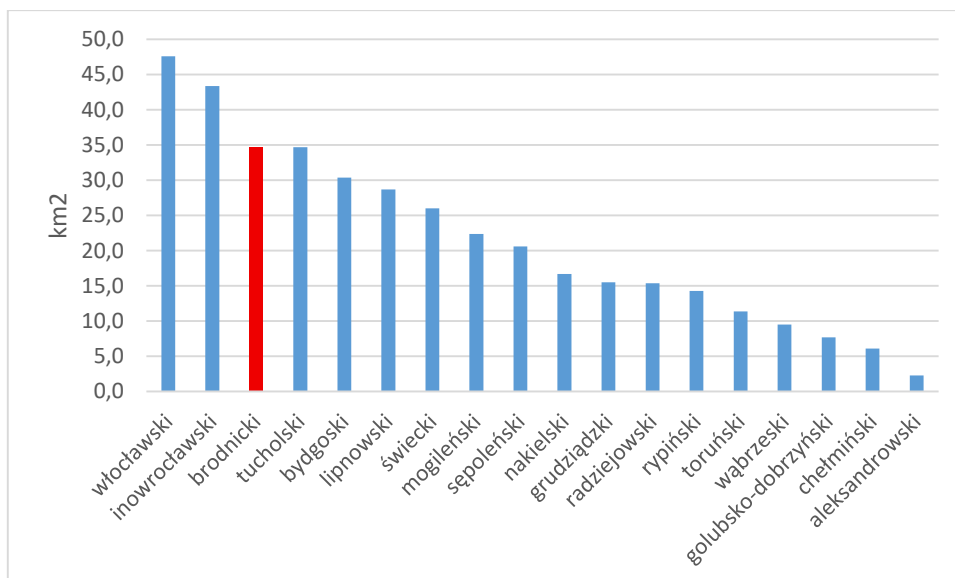


Ryc. 3.2.5. Ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

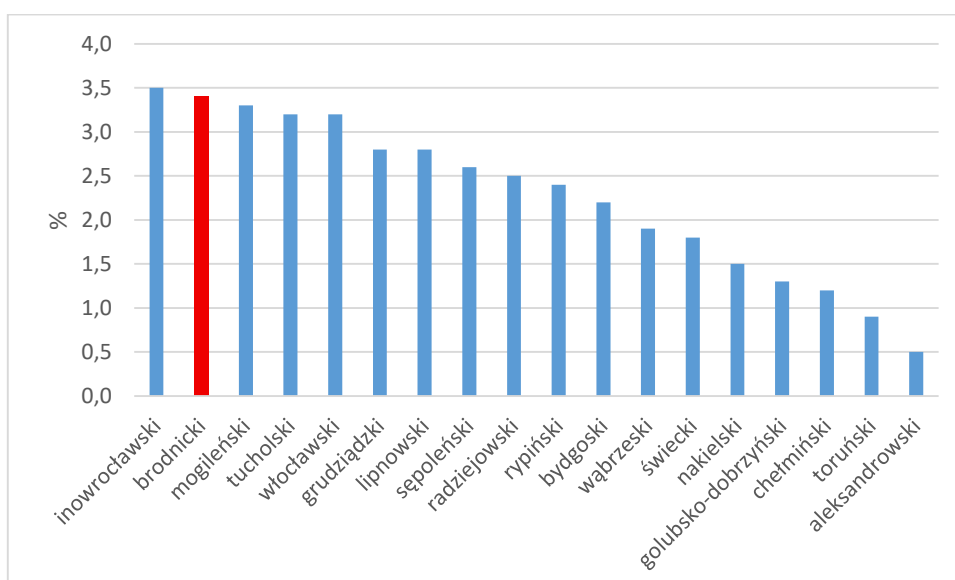


Ryc. 3.2.6. Powierzchnia zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

Sumaryczna powierzchnia wód powierzchniowych stojących w obrębie powiatu brodnickiego wynosi 34,8 km². Uwzględniając powierzchnię powiatu brodnickiego na poziomie 1039,97 km², jeziorność wynosi około 3,35%.



Ryc. 3.2.7. Sumaryczna powierzchnia wód powierzchniowych stojących w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).



Ryc. 3.2.8. Jeziorność w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

Wszystkie główne ciekі występujące w obrębie powiatu brodnickiego cechują się naturalną zmiennością koryta w profilu podłużnym, uzależnioną od spadku koryta oraz właściwości fizycznogeograficznych zlewni (m.in. budowy geologicznej, utworów powierzchniowych, pokrycia terenu, itd.) oraz wpływu działalności człowieka, na danym odcinku prowadzenia wód.

Drwęca – wraz z dopływami (lewymi) w obszarze powiatu brodnickiego płynie na odcinku od Ław Drwęcznych (na północy) do Słoszew (na południu). W obszarze zlewni bezpośrednich Drwęcy prowadzi ona wody w stosunkowo dużej dolinie, pokrytej

w przeważającej części obszarem leśnym. Natomiast przeważająca część powierzchni zlewni całkowitej użytkowana jest głównie rolniczo – z wyłączeniem zlewni cząstkowych o charakterze jeziornym, gdzie również dominują lasy. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Drwęcy po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 3 902,2 km², z czego większość znajduje się w obszarze województwa warmińsko-mazurskiego (górna część zlewni całkowitej).

Rypienica, lewy dopływ Drwęcy, w obszarze powiatu brodnickiego prowadzi wody w odcinku od Strzygów do Komin. Posiada zlewnię o typowo rolniczym charakterze, zbierając również wody ze zlewni cząstkowej jeziora Kiełpińskiego. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Rypienicy po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 319,8 km², obejmując również obszary należące do sąsiedniej gminy Rypin.

Brynica, lewy dopływ Drwęcy, uwzględniający w swojej zlewni całkowitej dwa mniejsze ciekę Pisa i Pisia (wraz z jeziorem Księża) posiada łączną powierzchnię zlewni po punkt graniczny w obszarze powiatu około 273,6 km². W skład zlewni wchodzi również odcinki o rzeczno-jeziornym charakterze, obejmujące misy jezior: Bryńskiego Południowego i Północnego, Młyńskiego, Górznieńskiego, Samińskiego oraz Trepkowskiego. Górna część zlewni pokryta jest lasami, natomiast dolna część oraz obszar wspomnianych dwóch jej dopływów cechuje rolniczy charakter zlewni.

Skarlanka jest prawym dopływem Drwęcy, prowadzącym wody w obszarze powiatu brodnickiego od wypływu z jeziora Wielkie Partęczyny, poprzez jezioro Dębno, Robotno, Kurzyny i jezioro Strażym. Następnie przyjmuje wody dopływu jezior Ciche i Zbiczno, płynąc dalej w kierunku południowym zasila jezioro Bachotek i uchodzi w okolicy Nowego Dworu do Drwęcy. W większości zlewnia Skarlanki (oraz jezior) posiada leśny charakter, z niewielkimi płacami obszarów użytkowanych rolniczo. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Skarlanki po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 227,0 km², z czego górna część znajduje się w obszarze województwa warmińsko-mazurskiego.

Brodniczka jest również prawym dopływem Drwęcy, rozpoczynającym swój bieg w wodach jeziora Mieliwo. Następnie przepływa przez kolejne jeziora, w tym: Sosno, Łąki, Czartek, Wysokie Brodno i Niskie Brodno, uchodząc do Drwęcy w M. Brodnica. Zlewnia całkowita Brodniczki ma mieszany charakter, ujściowy odcinek to obszary zurbanizowane, dno doliny rzeczno-jeziornej porośnięte jest lasami, a obszary otaczające użytkowane są rolniczo. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Brodniczki po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 64,8 km².

Lutryna wraz z Bachą odwadnia zlewnię o typowo rolniczym charakterze w zachodniej części powiatu brodnickiego oraz częściowo w obszarze powiatu wąbrzeskiego. Górna część zlewni Lutryny posiada rzeczno-jeziorny charakter, przepływa przez jeziora Chojeńskie, Grzywinek, Oleczno oraz Wądryńskie. Następnie zmienia charakter ze zlewni leśnej, na wspomnianą o dominującym charakterze rolniczym, przyjmują m.in. wody Bachy i Kanału Sicińskiego. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Brodniczki po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 330,8 km².

W granicy powiatu brodnickiego swoje wody prowadzi również rzeka Osa, we fragmencie od jeziora Płowęż do okolic Karolewa.

Jezioro Płowęż położone jest w rozległym rozszerzeniu, stanowiącym część długiej rynny marginalnej. Jego powierzchnia wynosi 174,2 ha, a objętość: 6522,3 tys. m³. Głębokość maksymalna wynosi 6,3 m, a średnia 3,7 m. Jest ono jeziorem płytkim, przez które przepływa Osa, duża rzeka pojezierna, powodująca wielokrotną wymianę wody w ciągu roku. Poziom zwierciadła wody jeziora stabilizowany jest stałym progiem kamienno-faszynowym. W bezpośrednim otoczeniu jeziora przeważają grunty orne. Lasy porastają północne zbocza rynny polodowcowej. Powierzchnia zlewni całkowitej wynosi 502,0 km².

Jezioro Wądryńskie jest jednym z największych i najgłębszych jezior Pojezierza Brodnickiego. Jego objętość wynosi 13270,5 tys. m³, a głębokość maksymalna i średnia wynoszą odpowiednio 34,6 m i 7,8 m. Misa jeziorna o powierzchni 170,4 ha posiada genezę rynnową. Linia brzegowa i konfiguracji dna są silnie urozmaicone. Zwraca uwagę długi i wąski półwysep. Centralną część jeziora zajmuje rozległy głęboczek. W przeszłości poziom zwierciadła wody jeziora stabilizowany był stałym progiem drewnianym. Głównym dopływem jeziora jest Lutryna, typowa rzeka pojezierna, przepływająca w swym górnym biegu przez jeziora: Chojno, Grzywinek i Oleczno. W większości jezior w zlewni retencjonowana jest woda, a realizacja obiektów hydrotechnicznych odbywała się w latach 1998 – 2000. Jezioro Wądryńskie otoczone jest lasem, jednak w zlewni całkowitej o powierzchni 60,9 km² dominują użytki rolne.

Jezioro Niskie Brodno jest ostatnim jeziorem w ciągu Strugi Brodnickiej. Jego powierzchnia wynosi 87,2 ha, a pojemność wód zgromadzonych w misie jeziornej to 6.046,0 tys. m³. Genetycznie należy do typu rynnowego, jego głębokość maksymalna wynosi 18,2 m, a głębokość średnia 6,9 m. Poziom zwierciadła wody utrzymuje się przy pomocy jazu. Stromo nachylone zbocza rynny porastają lasy. Jezioro leży w granicach administracyjnych miasta Brodnica. W zlewni całkowitej o powierzchni 78,0 km²,

przeważają grunty rolne. Lasy występują wzdłuż rynny Strugi Brodnickiej, porastają także fragmenty sandru zachodniobrodnickiego.

Jeziro Wysokie Brodno, jest jeziorem pochodzenia rynnowego, przez które przepływa Struga Brodnicka – dopływ Drwęcy. Poziom zwierciadła wody regulowany jest jazem Lisa Młyn. Jego powierzchnia wynosi 91,0 ha, a objętość to 6692,0 tys. m³. Jezioro dzieli się na 2 plosa przedzielone progiem z wyspą. Najbliższe otoczenie jeziora to grunty rolne, nie kontaktujące się bezpośrednio z linią brzegową, ponieważ wysokie i strome zbocza rynny są porośnięte lasem lub stanowią nieużytki. W pobliżu krawędzi wysoczyzny rozwinęła się zabudowa letniskowa. W strukturze użytkowania gruntów zlewni całkowitej o powierzchni 61,0 km² przeważają użytki rolne. Lasy porastają sandr zachodniobrodnicki występujący wzdłuż rynny Strugi Brodnickiej. Głębokość maksymalna i średnia wynoszą odpowiednio 22,0 i 7,2 m.

Jeziro Sosno posiada powierzchnię 188,0 ha i objętość: 9390,3 tys. m³. Jego głębokość maksymalna to 12,4 m. Najbliższe otoczenie jeziora zajmuje bór sosnowy porastający fragment sandru zachodniobrodnickiego. Pod względem genetycznym jezioro należy do typu rynnowego. Linia brzegowa jeziora jest silnie urozmaicona. W centralnej części występuje duży półwysp Bielawka, który dzieli jezioro na dwa baseny o odmiennych warunkach morfometrycznych. Poziom zwierciadła wody jeziora regulowany jest zastawką. Jeziora zasilają powierzchniowo wody Strugi Brodnickiej, która odwadnia zachodni wysoczyznowy fragment zlewni, zmeliorowany już w XIX wieku. Powierzchnia zlewni całkowitej jeziora wynosi 42,3 km².

Jeziro Mieliwo jest jeziorem typu odpływowego, o niewielkiej powierzchniowo zlewni całkowitej (5,3 km²), która w całości porośnięta jest lasem. Objętość wód jeziora Mieliwo to 2713,0 tys. m³. Na północno-zachodnim brzegu jeziora położony jest rezerwat leśny „Mieliwo”. Pod względem genetycznym jezioro należy do typu rynnowego, jego głębokość maksymalna i średnia wynoszą odpowiednio 9,4 i 3,4 m. Linia brzegowa jest silnie urozmaicona. Brzegi są przeważnie strome. Dno jest w większości płaskie, ze słabo zaakcentowanym głęboczkim. Roślinność wodna szczególnie dobrze rozwinęła się w południowym płytkim plosie jeziora. Dno porasta m.in. rzadko spotykana jeziora morska. Na płaskich, zarastających brzegach tej części jeziora wykształciło się torfowisko przejściowe z chronionymi i reliktowymi gatunkami roślin.

Jeziro Głowińskie powstało w miejscu krzyżowania się rynien polodowcowych, dlatego też linia brzegowa jeziora jest urozmaicona. Południową, sandrową część zlewni całkowitej porastają lasy sosnowe. W części północnej występują grunty rolne.

Powierzchnia zlewni całkowitej wynosi 11,5 km². Natomiast powierzchnia samego jeziora Głowińskiego wynosi 130,5 ha, a objętość to 8851,0 tys. m³. Głębokość maksymalna jeziora to 18,5 m, a średnia 6,8 m.

Jeziro Ciche położone jest w centralnej części Brodnickiego Parku Krajobrazowego. Jego powierzchnia wynosi 110,8 ha, a objętość to 7604,0 tys. m³. Piaszczyste obszary sandrowe przeważające w zlewni całkowitej o powierzchni 10,4 km², porastają bory sosnowe. Misa jeziorna posiada genezę rynnową, głębokość maksymalna jeziora wynosi 13,4 m, a średnia to 6,8 m. Konfiguracja dna jest słabo urozmaicona. W dnie występuje próg, który nad lustrem wody tworzy niewielką wyspę. Z jeziora wypływa Cichówka, będąca dopływem Skarlanki.

Jeziro Zbiczno posiada powierzchnię 128,9 ha oraz objętość 15054,9 tys. m³. Jest jednym z głębszych jezior na Pojezierzu Brodnickim, jego maksymalna oraz średnia głębokość wynoszą odpowiednio 41,6 i 11,7 m. Powierzchnia zlewni całkowitej wynosi 21,1 km², zdominowana jest przez lasy. Jezioro posiada dobrze rozwiniętą linię brzegową, jest jeziorem o genezie rynnowej, zbiornikiem odpływowym - poprzez Cichówkę połączone z jeziorami Cichym i Strażym.

Jeziro Strażym posiada powierzchnię 73,4 ha oraz objętość 2565,5 tys. m³. Jest jednym z jezior zlokalizowanych na Pojezierzu Brodnickim, jego maksymalna oraz średnia głębokość wynoszą odpowiednio 9,0 i 3,5 m. Powierzchnia zlewni całkowitej wynosi 205,5 km², zdominowana jest przez lasy i grunty orne.

Jeziro Bachotek jest ostatnim jeziorem systemu rzeczno-jeziornego Skarlanki, dopływu Drwęcy. W centralnej części zlewni, na piaszczystych obszarach sandrowych występuje zwarty kompleks borów sosnowych. Rolniczo wykorzystywany jest przede wszystkim wschodni fragment zlewni całkowitej. Bezpośrednie otoczenie jeziora porastają lasy. Wody jeziora piętrzone są na jazie w Tamie Brodzkiej. Jezioro jest intensywnie użytkowane turystycznie. Misa jeziorna o powierzchni 215,1 ha i objętości 18308,0 tys. m³ jest pochodzenia rynnowego, a konfiguracja jej dna urozmaicona, z licznymi głęboczkami i wyspą. Piętrzenie wód jeziora Bachotek do rzędnej 71,76 m n.p.m. spowodowało wzrost powierzchni zbiornika do 215,1 ha, oraz zmianę głębokości i objętości mas wodnych. Głębokość maksymalna jeziora wynosi 26,7 m, a średnia 7,2 m. Powierzchnia zlewni całkowitej jeziora to 227 km².

Jeziora Bryńskie Południowe i Bryńskie Północne znajdują się na terenie Górznieńsko-Lidzbarskiego Parku Krajobrazowego. Należą do zbiorników przepływowych. Mają charakter rynnowy i układają się w ciąg połączony rzeką Brynicą,

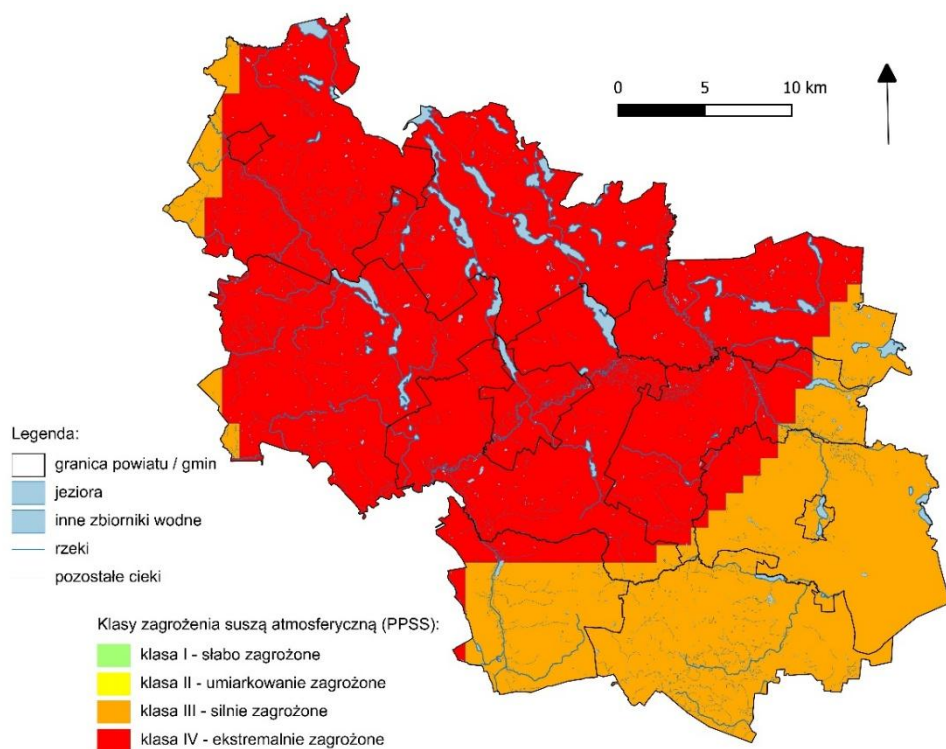
zaliczaną do najczystszych cieków w regionie. Powierzchnia badanych jezior wynosi: Bryńskie Południowe - 29,7 ha, Bryńskie Północne - 27,9 ha, natomiast objętość odpowiednio – 897,45 i 619,75 tys. m³. Charakteryzują się małymi głębokościami średnimi (2-3 m) i dnem z kilkoma przegłębieniami oraz słabo rozwiniętą linią brzegową. Zlewnia Jezior Bryńskich jest w znacznej części zalesiona o powierzchni 15,2 km².

W obrębie powiatu brodnickiego występuje kilka punktów wodowskazowych IMGW, co umożliwia charakterystykę warunków przepływu głównych cieków. Według usytuowania wodowskazów znajdują się trzy punkty pomiarowo kontrolne na: Drwęcy w miejscowości Brodnica, Skarlance w miejscowości Tama Brodzka oraz na jeziorze Bachotek w Bachotku, jednakże dla powyższych brakuje szczegółowych danych historycznych. Dla Brodnicy stan ostrzegawczy wynosi 230 cm, a stan alarmowy 260 cm. Absolutne minimum to 25 cm (14-08-1911), a absolutne maksimum wynosi 287 cm (03-04-1979 - 06-04-1979). Dla Tamy Brodzkiej nie określono stanu ostrzegawczego i alarmowego. Absolutne minimum to 76 cm (23-08-2015), a absolutne maksimum – 251 cm (08-01-2017). Natomiast dla Bachotka nie określono stanów alarmowych i ostrzegawczych. Absolutne minimum to 153 cm (06-11-1964 - 07-11-1964), a absolutne maksimum to 339 cm (15-01-1982 - 23-01-1982).

3.3. Wskazanie obszarów szczególnie narażonych na deficyt wody lub szkody powodziowe

Susza atmosferyczna jest bezpośrednim wynikiem deficytów opadów atmosferycznych. W kontekście przeciwdziałania skutkom suszy niemożliwe jest usunięcie czy zminimalizowanie zagrożenia suszy atmosferycznej. W tym kontekście istotne jest przyjęcie akceptacji dla faktu nieusuwalności zagrożenia występowania suszy atmosferycznej.

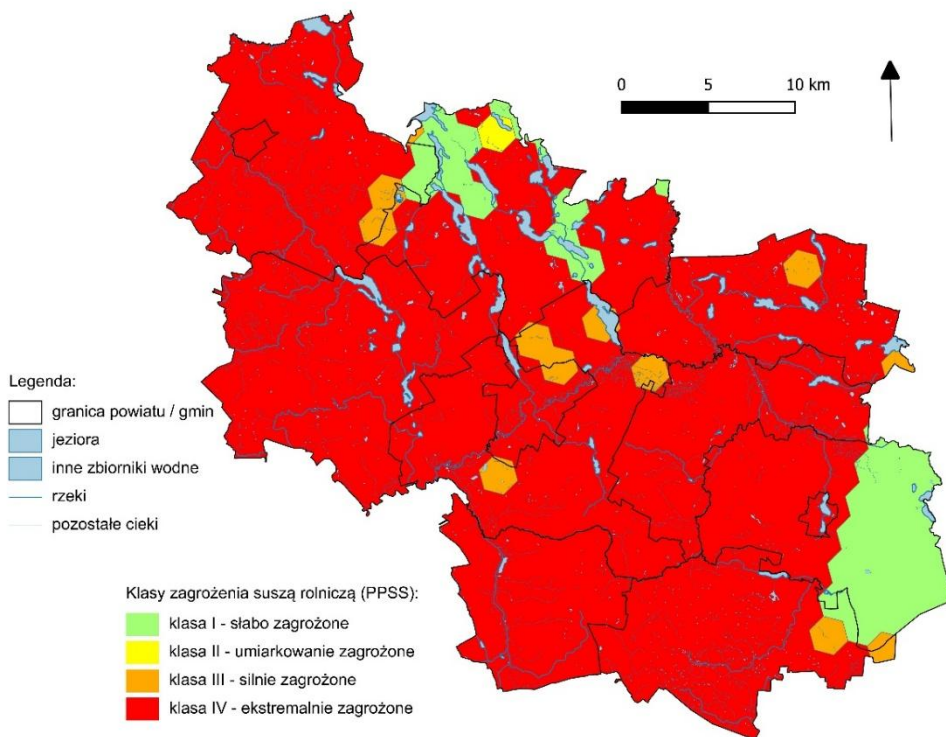
Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą atmosferyczną w obrębie powiatu brodnickiego wskazuje, że jego centralny obszar odpowiada zagrożeniu ekstremalnemu (klasa IV), a południowo-zachodni i fragmentarycznie zachodni zagrożeniu silnemu (klasa IV) (rycina 3.3.1).



Ryc. 3.3.1. Mapa zagrożenia suszą atmosferyczną na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.

Susza rolnicza jest silnie powiązana z kształtowaniem się zasobów wodnych w glebie, które warunkują potencjalną ilość dostępnej wody dla roślin w profilu glebowym.

Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą rolniczą w obrębie powiatu brodnickiego jest silnie rozczłonkowany, gdyż na większości terytorium powiatu odpowiada on zagrożeniu ekstremalnemu (klasa IV). Jednakże niektóre fragmenty powiatu – szczególnie w obrębie górnych odcinków zlewni cząstkowych Brodniczki i Skarlanki oraz wschodni skraj powiatu odpowiadają zagrożeniu słabemu (klasa I) (rycina 3.3.2).



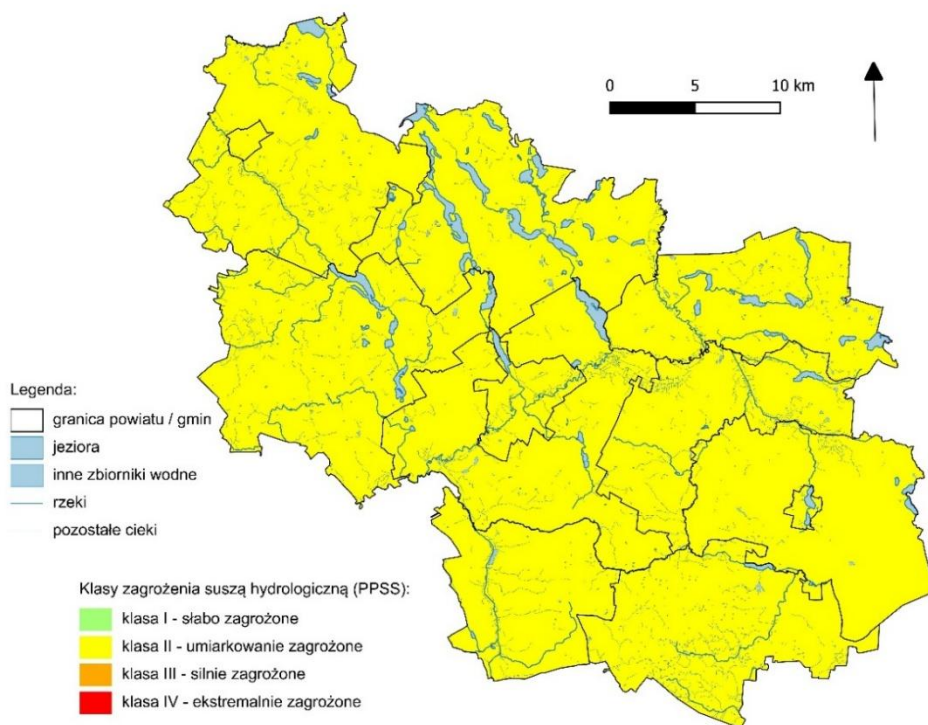
Ryc. 3.3.2. Mapa zagrożenia suszą rolniczą na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.

Susza hydrologiczna to okres obniżonych zasobów wód powierzchniowych w stosunku do sytuacji przeciętnej w wieloleciu. Susza hydrologiczna jest z reguły kolejnym etapem pogłębiającej się suszy atmosferycznej i rolniczej, ale może również ujawnić się i przebiegać po zakończeniu okresu bezopadowego. Jej identyfikacja sprowadza się do zdefiniowania wartości granicznej przepływu, poniżej której rozpoczyna się zjawisko suszy hydrologicznej.

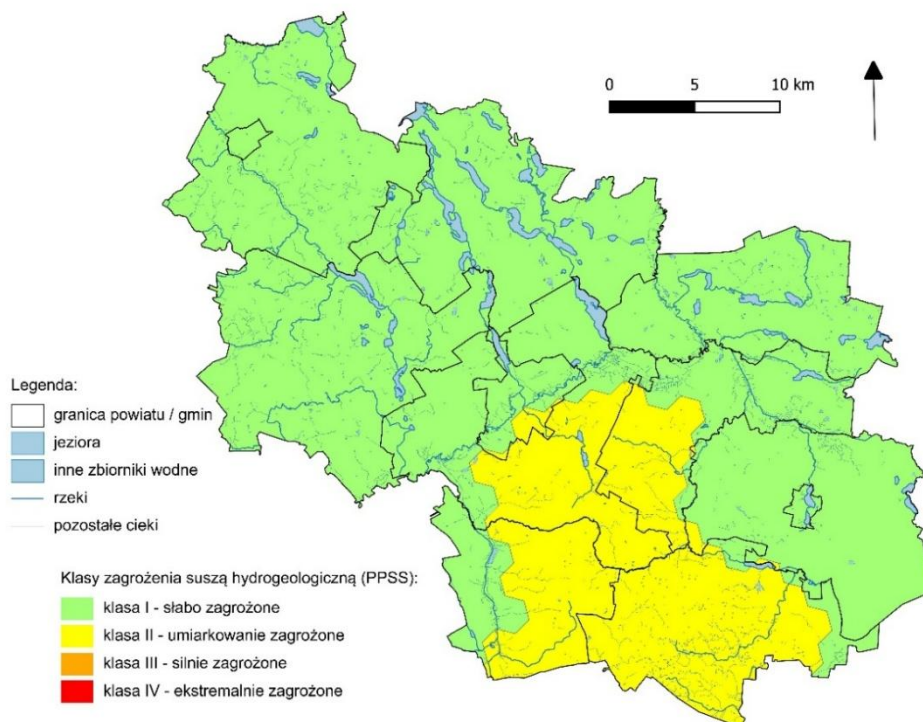
Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą hydrologiczną w obrębie powiatu brodnickiego wskazuje, że cały obszar charakteryzuje zagrożenie umiarkowane (klasa II) (rycina 3.3.3).

Susza hydrogeologiczna, zgodnie z definicją wskazaną w PPSS, oznacza obniżenie zwierciadła wód podziemnych poniżej stanów ostrzegawczych.

Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą hydrogeologiczną w obrębie powiatu brodnickiego wskazuje, że jedynie południowa część odpowiada umiarkowanemu zagrożeniu (klasa II), natomiast pozostały obszar powiatu charakteryzuje słabe zagrożenie (klasa I) (rycina 3.3.4).

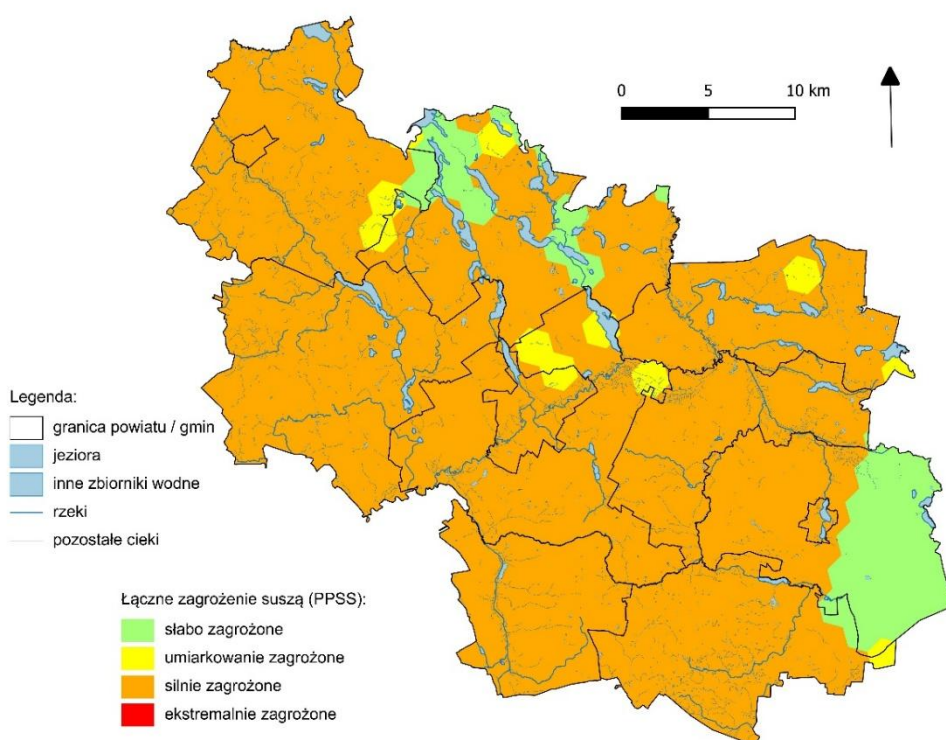


Ryc. 3.3.3. Mapa zagrożenia suszą hydrologiczną na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.



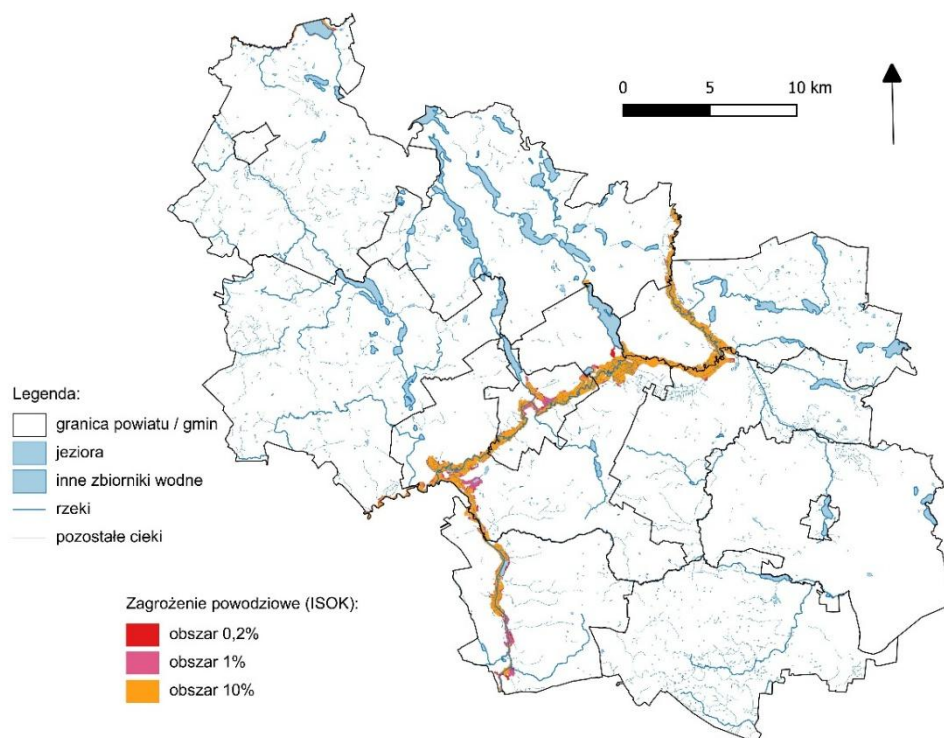
Ryc. 3.3.4. Mapa zagrożenia suszą hydrogeologiczną na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.

Ocenę łącznego zagrożenia wszystkimi wymienionymi powyżej typami suszy uzyskano w PPSS przez zsumowanie wyników zagrożenia uzyskanych kolejno dla suszy atmosferycznej, rolniczej, hydrologicznej i hydrogeologicznej. Rozkład przestrzenny łącznej oceny zagrożenia suszą w obrębie powiatu brodnickiego wskazuje, że fragmenty powiatu – szczególnie w obrębie górnych odcinków zlewni częściowych Brodniczki i Skarlanki oraz wschodni skraj powiatu odpowiadają zagrożeniu słabemu (kolor zielony), natomiast pozostała część powiatu charakteryzuje umiarkowane (kolor żółty) oraz silne (kolor pomarańczowy) zagrożenie suszą (rycina 3.3.5).



Ryc. 3.3.5. Ocena łącznego zagrożenia suszą na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.

Szkody powodziowe, związane z zagrożeniami powodziowymi w obszarze powiatu brodnickiego zaznaczają się w wybranych fragmentach rzeki Drwęcy, Rypienicy oraz Osy, związane z podtopieniami spowodowanymi wystąpieniem wód powodziowych z koryta rzecznoego w zagłębieniach terenowych w najbliższym sąsiedztwie koryta (rycina 3.3.6).



Ryc. 3.3.6. Mapa obszaru zagrożenia powodziowego 0,2%, 1% oraz 10% dla powiatu brodnickiego, zgodnie z ISOK.

4. Koncepcja systemu małej retencji.

4.1. Cele strategiczne: poprawa retencji, podniesienie bioróżnorodności, wzmocnienie usług ekosystemowych, ochrona przed suszą i powodzią.

W ostatnich latach na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego obserwuje się wyraźne zmiany warunków klimatycznych, przejawiające się zwiększoną częstotliwością występowania zjawisk ekstremalnych, takich jak susze, gwałtowne opady czy lokalne podtopienia. Analizy powiatowych planów wodnych oraz dostępne dane hydrologiczne i meteorologiczne potwierdzają narastające problemy związane z deficytem zasobów wodnych w okresach wegetacyjnych oraz nadmiernym dopływem wód w sezonie zimowym i wczesnowiosennym. W wielu powiatach województwa stale pogłębia się zjawisko nierównomiernego rozkładu opadów, co przekłada się na pogorszenie bilansu wodnego gleb oraz obniżenie ich potencjału produkcyjnego.

Zmieniające się warunki pogodowe, w połączeniu z wysokim udziałem gruntów rolnych i ograniczoną retencją naturalną, powodują konieczność systemowego podejścia do gospodarowania wodą. Plany wodne coraz częściej wskazują na konieczność wdrażania działań służących zatrzymywaniu wody w krajobrazie oraz racjonalizacji jej

odpływu. Mała retencja, intensywne procesy infiltracji oraz starzenie się istniejącej infrastruktury melioracyjnej dodatkowo potęgują ryzyko susz glebowych oraz lokalnych zalewów.

W związku z powyższym koncepcja działań ukierunkowanych na poprawę bilansu wodnego stanowi odpowiedź na aktualne potrzeby środowiskowe i gospodarcze regionu. Jej głównym celem jest zwiększenie możliwości zatrzymywania i wykorzystania wód opadowych i roztopowych, ograniczenie strat związanych z odpływem powierzchniowym oraz stworzenie warunków umożliwiających łagodzenie skutków suszy oraz podtopień. Planowane działania obejmują m.in. rozwój systemów retencji, modernizację i utrzymanie urządzeń wodno-melioracyjnych, regulację odpływu wód oraz poprawę zdolności retencyjnych gleb i obiektów infrastrukturalnych.

Realizacja tych założeń ma kluczowe znaczenie dla utrzymania stabilności środowiskowej, poprawy efektywności produkcji rolnej oraz minimalizacji zagrożeń wynikających ze zmienności klimatu. Program stanowi również element wspierający lokalną adaptację powiatów do zmian klimatycznych, pozwalając na racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi w perspektywie długoterminowej.

Głównymi celami i priorytetowymi kierunkami systemu małej retencji w powiecie powinno być:

- zwiększenie lokalnej zdolności magazynowania wody, by przeciwdziałać skutkom suszy oraz zapewnić lepszy bilans wodny powiatu,
- ochrona i odtworzenie naturalnych cieków, dolin rzecznych i terenów podmokłych, dla poprawy retencji, bioróżnorodności i stanu wód gruntowych.,
- redukcja szybkiego spływu wód opadowych i roztopowych, co zmniejsza ryzyko powodzi w dolinach i równocześnie poprawia zasilanie wód gruntowych,
- retencja śródpolna, szczególnie istotna na obszarach suchych lub z ograniczonymi opadami.

4.2. Ocena potrzeb rozwoju melioracji w powiecie według wybranych wskaźników.

Ocenę zapotrzebowania na rozwój melioracji wykonano w oparciu o sumy klimatycznego bilansu wodnego KBW w latach 1970-2004. Wskaźnik pozwala identyfikować obszary z niedoborem lub nadmiarem wody, a tym samym określać potrzeby stosowania melioracji nawadniających bądź odwadniających. Ujemne wartości

bilansu w miesiącu bądź okresie wegetacyjnym informują o niedoborach wody i wskazują na zasadność stosowania nawadniania, natomiast wartości dodatnie – zarówno w sezonie letnim, jak i zwłaszcza po zimie – sygnalizują potencjalny nadmiar wody i potrzebę jej odprowadzania. Klasyfikację KBW przedstawiono oddzielnie dla okresu wegetacyjnego (tab. 4.2.1; ryc. 4.2.1) oraz zimowego (tab. 4.2.2; ryc.4.2.2) oraz okresów miesięcznych (tab. 4.2.3; ryc. 4.2.3).

Tab. 4.2.1. Klasyfikacja klimatycznego bilansu wodnego (KBW) i oceny uwarunkowań klimatycznych dla okresu wegetacyjnego (kwiecień–wrzesień)

KBW, mm	Klasa KBW	Potrzeba rozwoju melioracji
< -250	skrajnie niedoborowy	nawadniających - bardzo duża
[-250; -200)	silnie niedoborowy	nawadniających - duża
[-200; -150)	umiarkowanie niedoborowy	nawadniających - umiarkowana
[-150; -100)	lekko niedoborowy	nawadniających - mała
[-100; 100]	zrównoważony	brak
>100	nadmiarowy	odwadniających

źródło: Kaca, 2015.

Tab. 4.2.2. Klasyfikacja klimatycznego bilansu wodnego (KBW) i oceny uwarunkowań klimatycznych dla okresu zimowego (październik–marzec)

KBW, mm	Klasa KBW	Potencjalna potrzeba rozwoju melioracji
(150; 200]	skrajnie nadmiarowy	odwadniających bardzo duża
(100; 150]	silnie nadmiarowy lekko	odwadniających duża
(50; 100]	nadmiarowy	odwadniających mała
[0; 50]	zrównoważony	brak

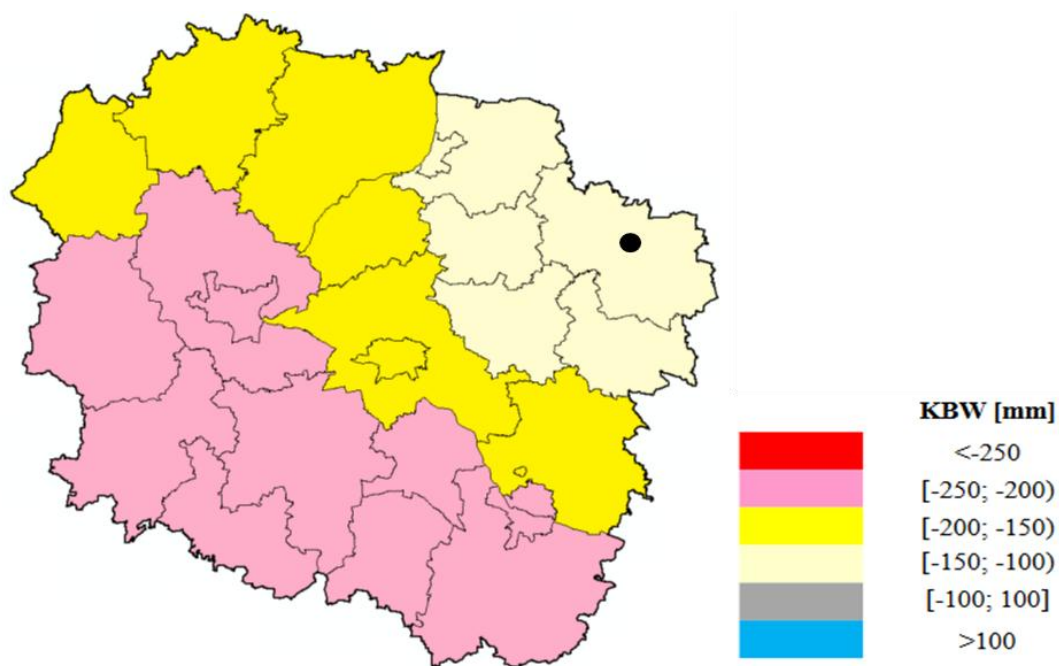
źródło: Kaca, 2015.

Tab. 4.2.3. Klasyfikacja klimatycznego bilansu wodnego (KBW) i oceny uwarunkowań klimatycznych dla miesięcy okresu wegetacyjnego

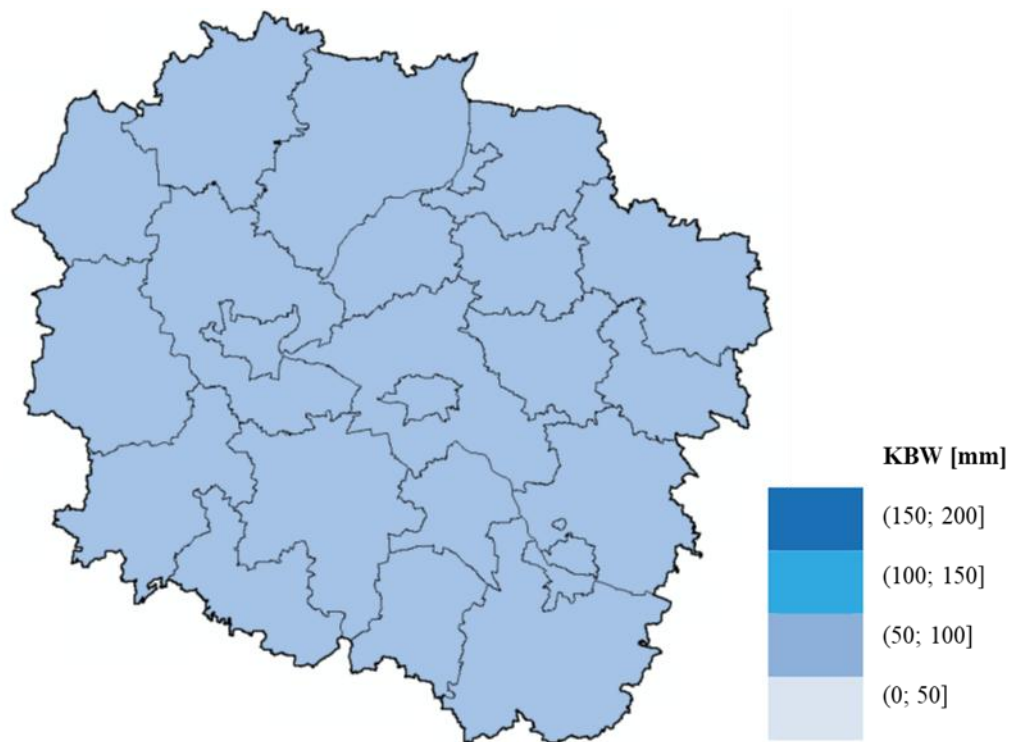
KBW, mm	Klasa KBW	Potencjalna potrzeba rozwoju melioracji
<-50	skrajnie niedoborowy	nawadniających bardzo duża
[-50; -30)	silnie niedoborowy	nawadniających duża
[-30; -10)	lekko niedoborowy	nawadniających umiarkowana
[-10; 10]	zrównoważony	nawadniających mała
[-50; -30)	silnie niedoborowy	brak
>10	nadmiarowy	odwadniających

źródło: opracowanie własne za Kaca, 2015.

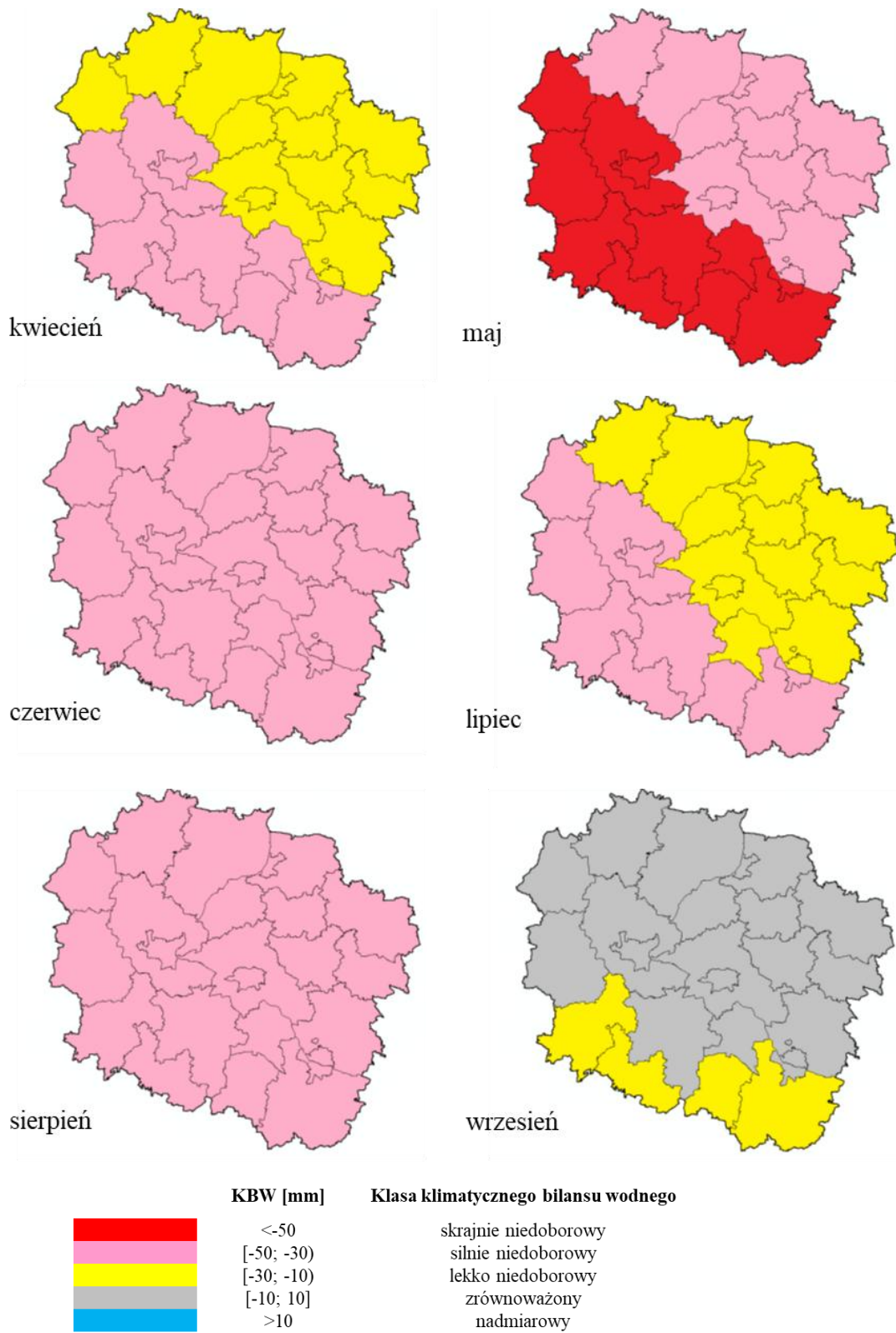
Zgodnie z powyższą klasyfikacją bilans wodny powiatu brodnickiego w okresie wegetacyjnym jest ujemny (od -100 do -150 mm). Średnie warunki dla całego okresu są lekko niedoborowe. Największe niedobory opadu występują w okresie maj-czerwiec oraz sierpień (tab. 4.2.4.) co przekłada się na duże potrzeby stosowania melioracji nawadniających w powiecie. Okres zimowy, wg KBW jest lekko nadmiarowy KBW.



Ryc. 4.2.1. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie wegetacyjnym (kwiecień–wrzesień) w powiecie brodnickim na tle powiatów woj. kujawsko-pomorskiego; *źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014*



Ryc. 4.2.2. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie zimowym (październik–marzec) na tle powiatów woj. kujawsko-pomorskiego; *źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014*



Ryc. 4.2.3. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w powiatach woj. kujawsko-pomorskiego; *źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014.*

5. Proponowane środki i rozwiązania.

Zwiększanie retencji wodnej w krajobrazie rolniczym staje się kluczowym elementem adaptacji do obserwowanych zmian klimatu, w tym narastających okresów suszy oraz intensywnych, krótkotrwałych opadów. W wielu regionach wieloletnia dominacja systemów nastawionych na szybkie odprowadzanie wody doprowadziła do obniżenia poziomu wód gruntowych, zaniku niewielkich zbiorników i mokradeł oraz ograniczenia naturalnych mechanizmów regulujących obieg wody w środowisku. Obecnie coraz większą wagę przykładana się do działań, które pozwalają zatrzymać wodę w miejscu jej wystąpienia, wzmacniając stabilność ekosystemów i zwiększając odporność produkcji rolniczej.

W procesie odbudowy retencji szczególne znaczenie mają rozwiązania rozproszone, łączące działania terenowe, hydrotechniczne i przyrodnicze. Kluczowe wśród nich są: budowa i renowacja małych zbiorników retencyjnych, które magazynują wodę opadową i roztopową; tworzenie zastawek, jazów, progów oraz niewielkich obiektów piętrzących, spowalniających odpływ wody w rowach i ciekach; oraz renaturyzacja cieków, obejmująca przywracanie meandrów i terenów zalewowych, co zwiększa zdolność doliny do akumulacji wody. Ważnym uzupełnieniem tych działań jest ochrona i ponowne zagospodarowanie obszarów bagiennych, mokradeł i terenów podmokłych, które pełnią funkcję naturalnych magazynów wody w glebie

Istotny potencjał retencyjny tkwi również w ekosystemach leśnych, gdzie stosuje się tzw. małą retencję leśną, opartą na zamykaniu rowów melioracyjnych zastawkami, spowalnianiu odpływu oraz odbudowie mokradeł leśnych. Równocześnie coraz większą rolę odgrywają działania agroekologiczne, takie jak tworzenie pasów roślinności, mulczowanie, praktyki poprawiające strukturę gleby czy ograniczanie erozji – rozwiązania, które zwiększają chłonność przestrzeni rolniczej i zdolność gleby do zatrzymywania wody.

Zintegrowane stosowanie opisanych metod pozwala na skuteczne ograniczenie strat wody, zwiększenie retencji powierzchniowej i glebowej oraz przywracanie naturalnych funkcji krajobrazu. W rezultacie wzmacnia się zarówno bezpieczeństwo wodne, jak i odporność środowiska oraz produkcji rolnej na przyszłe wyzwania klimatyczne.

5.1. Budowa i renowacja małych zbiorników retencyjnych (stawy, oczka wodne).

Małe zbiorniki retencyjne odgrywają ważną rolę w bilansie wodnym zlewni rolniczych, wpływając na stabilizację lokalnych warunków hydrologicznych. Gromadzą wodę opadową i roztopową, ograniczając szybki odpływ i łagodząc ekstremalne przepływy. Ich obecność sprzyja utrzymaniu wyższego poziomu wód gruntowych, co poprawia kondycję gleb i zmniejsza ryzyko strat w produkcji rolniczej podczas suszy. Zbiorniki te działają także jako naturalne filtry zatrzymujące biogeny i zawiesiny, wspierając poprawę jakości wody. Równocześnie tworzą mozaikę siedlisk zwiększających różnorodność biologiczną w krajobrazie rolniczym.

Przykładowe działania:

- Renowacja istniejących zbiorników poprzez usunięcie nadmiaru namułu, odtworzenie strefy brzegowej oraz wprowadzenie roślinności wodnej i szuwarowej.
- Budowa nowych stawów o pojemności od kilkuset do kilku tysięcy metrów sześciennych w lokalnych obniżeniach terenu lub przy rowach melioracyjnych.
- Tworzenie rozproszonego systemu oczek wodnych rozmieszczonych wzdłuż miedz i zagłębień terenowych.
- Zachowanie naturalnego układu stref roślinności poprawiającego procesy samooczyszczania wody.
- prowadzenie elementów mikroretencji w otoczeniu zbiorników, takich jak muldy chłonne czy pasy buforowe zapobiegające spływowi zanieczyszczeń.

Efekty środowiskowe

- zmniejszenie spływu powierzchniowego i ograniczenie erozji gleb,
- poprawa jakości wody dopływającej do cieków,
- wzrost różnorodności biologicznej poprzez rozwój siedlisk wodnych i wilgotnych,
- zwiększenie retencji krajobrazowej i łagodzenie skutków okresów niskich przepływów.

5.2. Tworzenie zastawek, jazów, progów i drobnych obiektów hydrotechnicznych spowalniających spływ wody.

Historyczne systemy melioracyjne koncentrowały się na szybkim odprowadzaniu wody z pól, co w obecnych warunkach klimatycznych prowadzi do

nadmiernego przesuszenia gleb. Wprowadzanie niewielkich obiektów piętrzących w rowach i ciekach pozwala na ich przekształcenie w układy spowalniające odpływ i zwiększające retencję. Zastawki, jazy i progi podnoszą poziom wody w korycie, wydłużają czas jej przepływu i umożliwiają podpiętrzenie zwierciadła wód gruntowych w otoczeniu cieku. Spadek prędkości przepływu sprzyja również ograniczeniu erozji oraz osadzaniu zawiesiny i biogenów.

Przykładowe działania:

- Montaż drewnianych lub metalowych zastawek w rowach melioracyjnych w regularnych odstępach.
- Budowa niewielkich jazów o regulowanym piętrzeniu, pozwalających dostosować poziom wody do warunków sezonowych.
- Instalacja progów kaskadowych zwiększających turbulencję i napowietrzenie wody.
- Stosowanie naturalnych materiałów, takich jak faszyna czy konstrukcje drewniane, w celu budowy prostych, przyjaznych środowisku obiektów piętrzących.
- Tworzenie układów umożliwiających lokalne nawadnianie pól dzięki kontrolowanemu podnoszeniu poziomu wody w rowach.

Efekty środowiskowe:

- zmniejszenie odpływu wód roztopowych i deszczowych,
- zwiększenie zasobów wód gruntowych w zasięgu oddziaływania obiektów,
- poprawa warunków siedliskowych w rowach i małych ciekach,
- redukcja ilości biogenów i zawiesiny przemieszczających się w dół zlewni.

5.3. Renaturyzacja cieków (meandrowanie, przywracanie terenów zalewowych).

Wiele cieków rolniczych zostało nadmiernie wyprostowanych i pogłębionych, co przyspieszyło odpływ i zubożyło ich funkcje przyrodnicze. Działania renaturyzacyjne polegają na odtwarzaniu naturalnych form rzecznych, co sprzyja zwiększeniu retencji w dolinie rzecznej oraz poprawie warunków ekologicznych. Meandrujący ciek ma większą zdolność do magazynowania wód wezbraniowych, spowolnienia przepływu i infiltracji. Odtworzenie terenów zalewowych pozwala rzece swobodnie rozlewać się podczas wyższych stanów, co rozprasza energię przepływu i zmniejsza ryzyko podtopień w niżej położonych obszarach.

Przykładowe działania:

- Wytyczanie nowych, krętych odcinków koryta, umożliwiających odtworzenie meandrów.
- Poszerzanie koryt i stref brzegowych dla zwiększenia miejsca na naturalne procesy fluwialne.
- Odtwarzanie starorzeczy pełniących funkcję zbiorników retencyjnych połączonych z głównym korytem.
- Wprowadzanie roślinności stabilizującej brzegi oraz zwiększającej różnorodność siedlisk.

Efekty środowiskowe:

- zwiększenie retencji dolinowej i możliwości naturalnego rozlania wody,
- poprawa infiltracji i zasilania wód gruntowych,
- odbudowa zróżnicowanych siedlisk wodnych i przywodnych,
- zmniejszenie ryzyka powstawania gwałtownych przepływów i podtopień,
- zwiększenie zdolności rzeki do zatrzymywania zawieszin i substancji biogennych.

5.4. Zagospodarowanie terenów bagiennych, mokradel i obszarów podmokłych celem zwiększenia retencji glebowe.

Mokradła (bagna, torfowiska, błota i łąki podmokłe) mają istotne znaczenie dla poprawy zdolności retencyjnych małych zlewni, działają jak naturalne „magazyny wody”. Znaczna część ich objętości jest wypełniona wodą, którą mogą oddawać do środowiska w okresach suszy lub akumulować podczas opadów. Nietknięte mokradła zwiększają lokalne zasoby wodne, stabilizują poziom wód gruntowych i spowalniają spływ powierzchniowy, co korzystnie wpływa na ogólny bilans wodny zlewni. Retencja mokradłowa jest więc „czasowym zatrzymaniem lub ograniczeniem odpływu wód” przez tereny wodno-błotne.

Proponowane działania:

- 1) Odtwarzanie i renaturyzacja mokradel.

Renaturyzacja terenów podmokłych (ponowne uwodnienie zdegradowanych bagien i torfowisk) to przywracanie naturalnych procesów wodnych poprzez stopniowe podnoszenie poziomu wody, zamknięcie lub ograniczenie odpływu wody rowami (likwidacja systemów odwadniających – zasypywanie rowów melioracyjnych, drenów) czy przywrócenie starorzeczy. Jest to rozwiązanie naturalne, oparte na przyrodzie.

Rekultywacja terenów osuszonych (np. dawnych torfowisk lub zdrenowanych pól) polega z kolei na blokowaniu rowów melioracyjnych i minimalnej ingerencji mechanicznej, aby odzyskać zdolność retencji.

Efekty działań:

- podniesienie poziomu wód gruntowych,
- zwiększenie pojemności wodnej profilu glebowego,
- ograniczenie odpływu wody w okresach suszy,
- poprawa bilansu wodnego zlewni,
- wzrost stabilności siedlisk hydrogeniczných,
- ochrona bioróżnorodności,
- zahamowanie mineralizacji gleb organicznych i torfowych,

2) Odtwarzanie i ochrona gleb organicznych (torfowisk).

Działania koncentrują się na utrzymaniu ciągłego uwodnienia gleb torfowych poprzez zapobieganie ich osuszaniu oraz degradacji struktury torfu. Obejmuje to ochronę istniejących torfowisk, ponowne uwodnienie zdegradowanych obszarów oraz ograniczenie ingerencji mechanicznej w glebę.

Efekty środowiskowe:

- utrzymanie bardzo wysokiej zdolności retencyjnej gleb (75–90% objętości),
- ograniczenie emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych,
- zachowanie funkcji torfowisk jako długoterminowych magazynów wody,
- poprawa warunków siedliskowych dla gatunków mokradłowych.

3) Paludikultura (rolnictwo bagienne) oraz ekstensywne użytkowanie łąk podmokłych.

Metoda polega na stosowaniu upraw dopasowanych do wilgotnych gleb (np. trzcina, pałka, sitowia, mech torfowiec, olsza czarna, łąki podmokłe) zamiast tradycyjnych upraw rolnych, które wymagają zdrenowania gleb. Rozwiązanie to sprzyja zatrzymywaniu wody oraz składników biogennych, a także sekwestracji węgla w glebach mokradłowych przy jednoczesnym zachowaniu potencjału produkcyjnego umożliwiającego pozyskiwanie biomasy z siedlisk o wysokim stopniu uwodnienia (analogicznie do funkcji realizowanych w tradycyjnych systemach rolniczych).

Ten rodzaj użytkowania obejmuje także ekstensywne użytkowanie terenów podmokłych (stale lub okresowo nawodnionych), z łąkami użytkowanymi sezonowo lub pozostawionymi naturalnie, co sprzyja zatrzymywaniu wody w profilu gleby.

Korzyści:

- ograniczona konieczność odwadniania gleb,
- poprawa retencji glebowej,
- wsparcie lokalnej gospodarki, np. produkcja biomasa dla energetyki.

4) Budowa zbiorników, zastawek, progów, stopni i innych przytamowań na rowach, sztucznych ciekach lub ciekach naturalnych

Celem jest spowolnienie odpływu i wydłużenie czasu przebywania wody w glebie. Jednym z najprostszyc i jednocześnie skutecznych rozwiązań zwiększających retencję wody na obszarach podmokłych jest stosowanie niewielkich, rozproszonych (punktowych) elementów hydrotechnicznych (zastawki, progi, stopnie, przetamowania oraz mikrozbiorniki) lokalizowanych w obrębie rowów, cieków i obniżeń terenu. Rozwiązania te są relatywnie mało inwazyjne i mogą być dostosowane do lokalnych warunków środowiskowych, w tym do istniejących siedlisk, często o wysokich walorach przyrodniczych.

Zastosowanie tego typu przegród prowadzi do spowolnienia lub czasowego zahamowania odpływu wody z obszarów mokradłowych, co skutkuje podniesieniem i stabilizacją poziomu wód gruntowych oraz zwiększeniem retencji glebowej. W praktyce działania te rzadko mają charakter pojedynczych inwestycji, lecz stanowią element kompleksowych rozwiązań hydrologicznych, w ramach których na różnych odcinkach cieków i rowów łączy się zastawki regulowane z przetamowaniami o stałym poziomie piętrzenia, takimi jak progi i stopnie, a także z częściowym lub odcinkowym zasypywaniem rowów odwadniających.

W przypadku mokradeł użytkowanych rolniczo szczególnie istotne jest stosowanie budowli umożliwiających regulację poziomu wody w zależności od potrzeb gospodarowania oraz warunków pogodowych. W tym celu wykorzystuje się m.in. zastawki drewniane, metalowe lub wykonane z tworzyw sztucznych, które pozwalają na elastyczne sterowanie odpływem wody, bez konieczności trwałego osuszania siedlisk podmokłych.

Efekty środowiskowe:

- zwiększenie retencji gruntowej,
- ograniczanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi (inicjowanie zarastania i zamulania się rowów).

5) Odtwarzanie terenów zalewowych i dolin rzecznych

Tereny zalewowe i doliny rzeczne stanowią naturalny element systemu hydrologicznego rzek nizinnych. W warunkach nieprzekształconych pełnią one funkcję naturalnych polderów, które umożliwiają okresowe rozlewanie się wód podczas wezbrań oraz ich czasowe magazynowanie w glebie i warstwach przypowierzchniowych. Odcięcie rzek od dolin (obwałowania, regulacja koryt, pogłębianie) prowadzi do przyspieszenia odpływu, zmniejszenia retencji glebowej oraz pogorszenia bilansu wodnego w skali zlewni.

Odtwarzanie terenów zalewowych i dolin rzecznych polega m.in. na przywracaniu naturalnych połączeń rzek z ich dolinami poprzez:

- odsunięcie, obniżenie lub przerwanie wałów przeciwpowodziowych na wybranych odcinkach,
- likwidację lub modyfikację obwałowań lokalnych,
- tworzenie kontrolowanych przelewów i bram zalewowych umożliwiających sterowane wprowadzanie wód do doliny,
- ograniczenie regulacji koryt i umożliwienie okresowego zalewania obszarów przyległych.

Metoda ta jest jedną z najbardziej efektywnych rozwiązań zwiększania retencji glebowej i poprawy bilansu wodnego w skali lokalnej i regionalnej. Oparta jest na procesach naturalnych (przyrodniczych) zapewnia długofalowe korzyści hydrologiczne (zwiększenie retencji glebowej i spowolnienie odpływu wód, ograniczenie szybkiego odpływu wód podczas wezbrań oraz w okresach suszy, redukcja ryzyka powodziowego i stabilizacja poziomu wód gruntowych) i środowiskowe (poprawa stanu ekosystemów dolin rzecznych i jakości wód).

5.5. Mała retencja leśna (rowy melioracyjne zamykane zastawkami, retencja w mokradłach leśnych).

Retencja leśna to zespół działań mających na celu zatrzymywanie wody w ekosystemach leśnych oraz poprawę ich zdolności do gromadzenia i przechowywania wody. Głównym celem tych działań jest zatrzymanie jak największej ilości wody w ekosystemie leśnym i spowolnienie jej odpływu z terenu zlewni, co pomaga łagodzić skutki suszy i powodzi. W szczegółowej analizie działania te mogą przynieść korzyści dla gospodarki wodnej i ochrony środowiska, a są to:

- **zwiększenie zasobów wodnych**, osiągnięte poprzez podniesienie poziomu wód gruntowych i powierzchniowych, co przeciwdziała suszy i zapobiega degradacji siedlisk (np. torfowisk),
- **ochrona przeciwpowodziowa**, poprzez spowolnienie odpływu wód opadowych, co spłaszcza i wydłuża falę wezbraniową, zmniejszając zagrożenie powodziowe w niższych partiach zlewni),
- **wzrost bioróżnorodności**, dzięki odtwarzaniu i utrzymaniu mokradeł, tworzeniu ostoi flory i fauny wodno-błotnej, a także poprawie zdrowotności drzewostanów,
- **ochrona gleb**, dzięki zmniejszeniu spływu powierzchniowego i erozji wodnej poprzez pokrycie gleby roślinnością i ściółką.

Środki retencji leśnej można podzielić na dwa główne typy: techniczne (budowlane) i nietechniczne (przyrodnicze lub gospodarcze).

1. Rozwiązania techniczne (budowlane).

Charakteryzują się bezpośrednią ingerencją inżynierską w ciek wodny lub teren, mającą na celu spiętrzenie, zatrzymanie lub kontrolowanie odpływu wody. Stosuje się głównie w ramach programu małej retencji w lasach. Wyróżniamy tu następujące środki i rozwiązania:

- **budowa bądź odbudowa zbiorników wodnych** – wyróżniamy tu głównie małe zbiorniki retencyjne (bezodpływowe, odpływowe, boczne, suche poldery zalewowe), których zadaniem jest magazynowanie wód opadowych i roztopowych, ochrona przeciwpowodziowa oraz podnoszenie poziomu wód gruntowych,
- **budowle piętrzące na ciekach** – głównie zastawki, progi, stopnie, przepusty piętrzące, przepusto-zastawki (często wykonane z naturalnych materiałów jak

drewno czy kamień). Ich zadaniem jest spowolnienie i/lub podpiętrzenie wody w rowach i ciekach, zamieniając szybki spływ powierzchniowy na spowolniony odpływ gruntowy,

- **neutralizacja skutków spływu powierzchniowego** – obejmująca działania na drogach leśnych i szlakach zrywkowych (np. brody, przepusty, drenaże pod drogami) mające na celu ukierunkowanie i opóźnienie spływu wody oraz zapobieganie erozji wodnej,
- **renaturyzacja cieków i obszarów podmokłych** – poprzez odbudowę naturalnego kształtu cieków (np. meandryzacja, budowa bystrzy dla migracji ryb), likwidacja zbędnych rowów melioracyjnych, zatykanie drenów. Dzięki tym zabiegom może prowadzić do odtworzenia zdegradowanych torfowisk, mokradeł i terenów zalewowych.

2. Rozwiązania nietechniczne (przyrodnicze i gospodarcze)

Działania te wykorzystują naturalne zdolności retencyjne ekosystemu leśnego lub polegają na zmianach w gospodarowaniu lasem. Zaliczamy do nich następujące zabiegi i rozwiązania:

- **retencja glebowa i ściółkowa** – ściółka leśna i gleba stanowią naturalny, bardzo efektywny "magazyn" wody (tzw. retencja bierna). Zabiegi skupiają się na jej ochronie przed zniszczeniem oraz na utrzymaniu odpowiedniej struktury gleby (np. właściwa uprawa gleby), co zwiększa jej zdolność do wsiąkania i zatrzymywania wody,
- **kształtowanie struktury szaty roślinnej** – poprzez wprowadzaną różnorodność gatunkową i wiekową drzewostanu (zwłaszcza obecność drzew liściastych) oraz prawidłowe rozmieszczenie pokrywy roślinnej. Lasy o zróżnicowanej strukturze lepiej zatrzymują wodę, ponieważ korony drzew przechwytyją (intercepcja) i spowalniają opad. Różne typy lasów (np. łągi, olsy) mają też różne zdolności retencyjne,
- **gospodarka leśna nastawiona na retencję** – poprzez utrzymywanie i tworzenie siedlisk hydrogenicznych (wodnych i podmokłych). Dostosowanie gospodarki leśnej do warunków wodnych, np. unikanie nadmiernej melioracji (odwodnienia) i dążenie do naturalizacji siedlisk.

Aktualnie retencja wodna w rowach melioracyjnych zamykanych zastawkami jest kluczowym elementem **małej retencji**, który służy **do kontrolowanego zatrzymywania wody** w krajobrazie. Dawne systemy melioracyjne były często projektowane wyłącznie do szybkiego odprowadzania nadmiaru wody (odwadniania). Obecnie są one adaptowane do pełnienia funkcji dwukierunkowej (nawadniająco-odwadniającej), co jest istotne w kontekście narastających problemów z suszą. Zastawki (często z ruchomymi elementami takimi jak szandory lub stawidła) to małe budowle hydrotechniczne umieszczone w korytach rowów melioracyjnych lub cieków wodnych. Zastawki pozwalają na podniesienie lustra wody w rowie melioracyjnym. W ten sposób woda jest celowo magazynowana w korycie cieków. Automatycznie następuje również podnoszenie poziomu wód gruntowych, gdyż zatrzymana w rowie woda stopniowo infiltruje do otaczającego gruntu, co prowadzi do podniesienia poziomu wód gruntowych na sąsiadujących terenach rolnych, leśnych lub przyrodniczych (np. torfowiskach lub łąkach). Woda jest dłużej dostępna dla roślin w okresie suszy i może być wykorzystana do nawadniania podsiąkowego. Dzięki zastawkom możemy również kontrolować ilość odpływającej wody. Pozwalają one na gromadzenie jej w okresach nadmiaru (np. wiosenne roztopy, deszcze nawalne) i stopniowe uwalnianie w okresach niedoboru (niżówki). Zastawki są przykładem małej retencji technicznej, która, w połączeniu z działaniami w zakresie retencji glebowej (np. zwiększanie próchnicy) i retencji naturalnej (np. zachowanie oczek wodnych), tworzy kompleksowy system zarządzania wodą.

Dzięki zabiegom technicznym takim jak projektowanie i wykonywanie zastawek piętrzących można chronić leśne tereny bagienne i torfowiskowe, które pełnią szereg kluczowych usług ekosystemowych m.in.:

- **sekwestracji węgla** - torfowiska magazynują ogromne ilości węgla. Kiedy są osuszane, torf ulega murszeniu (utlenianiu), co prowadzi do emisji tego węgla do atmosfery w postaci dwutlenku węgla (CO₂), przyczyniając się do globalnego ocieplenia. Utrzymanie wysokiego poziomu wody zatrzymuje ten proces,
- **retencji wody** - działają jak "gąbki", zatrzymując duże ilości wody, co jest kluczowe w okresach suszy (zapobiegają szybkiemu odpływowi wody) oraz w czasie intensywnych opadów (zmniejszają ryzyko powodzi),
- **oczyszczaniu wody** - działają jak naturalne filtry, poprawiając jakość wody,

- **zwiększają bioróżnorodność** - są ostoją dla wielu rzadkich i chronionych gatunków roślin i zwierząt, które są ściśle związane z warunkami wodnymi.

Niezwykle ważnymi elementami zwiększania retencji wodnej na terenach zalesionych są leśne liniowe pasy wiatrochronne i buforowe, złożone z nasadzeń drzew i krzewów, które pełnią kluczowe funkcje ochronne i ekologiczne, mające na celu stabilizację środowiska, ochronę upraw, siedlisk i zasobów wodnych. Charakteryzują się one odmiennym przeznaczeniem, choć często obie te funkcje mogą się uzupełniać.

Pasy wiatrochronne (zwane też śródpolnymi zadrzewieniami lub żywopłotami) to zazwyczaj liniowe pasy drzew i krzewów zakładane na terenach otwartych, przede wszystkim w krajobrazie rolniczym, ale także wokół obszarów leśnych. Charakteryzują się różną szerokością, wysokością i przepuszczalnością, by nie tworzyć turbulencji (zawirowań) powietrza bezpośrednio za pasem. Zwykle stosuje się kompozycje wielowarstwowe (drzewa, krzewy, runo). Orientowane są prostopadle do kierunku dominujących wiatrów. Złożone z mieszanki gatunków liściastych i iglastych, często rodzimych, odpornych na warunki siedliskowe i wiatr. Pasy wiatrochronne mają różnokierunkowe znaczenie takie jak:

- **ograniczanie erozji wietrznej** - najważniejsza funkcja – zmniejszają prędkość wiatru przy powierzchni ziemi, co zapobiega wywiewaniu najżyźniejszej warstwy gleby (erozja eoliczna),
- **poprawa mikroklimatu** – związane głównie ze zwiększeniem wilgotności gleby i powietrza w strefie osłoniętej. Spowolnienie wiatru redukuje również parowanie, co jest kluczowe w warunkach suszy. Następuje również łagodzenie ekstremalnych temperatur, chroniąc uprawy przed przegrzaniem i przymrozkami,
- **wzrost plonów** - stabilny mikroklimat i wyższa wilgotność gleby bezpośrednio przekładają się na wyższe plony w osłoniętej strefie (która rozciąga się na odległość nawet do 10-20-krotności wysokości pasa),
- **bioróżnorodność** - stanowią oazę i schronienie dla wielu gatunków zwierząt (ptaki, owady, drobne ssaki) oraz korytarze ekologiczne, w tym dla owadów zapylających i naturalnych wrogów szkodników (np. biegaczowatych).

Pasy buforowe (strefy ekotonowe) to roślinne strefy przejściowe (ekotony), zakładane najczęściej wzdłuż cieków wodnych (rzek, kanałów, jezior) lub na granicy

intensywnie użytkowanych gruntów rolnych i cennych przyrodniczo obszarów (np. lasów, parków narodowych, torfowisk). Charakteryzują się układem liniowym, najczęściej wzdłuż brzegów wód (pasy nadbrzeżne) lub na styku różnych typów użytkowania ziemi. W skład pasów wchodzi zazwyczaj trawy, byliny, krzewy i drzewa, tworzące gęstą barierę roślinną. Szerokość jest kluczowa dla skuteczności (często zalecane jest minimum 10 metrów). Podstawowym celem jest izolowanie ekosystemu docelowego (np. rzeki) od negatywnych wpływów otoczenia (np. pola uprawnego). Zakładanie pasów buforowych wpływa na:

1. Ochronę wód powierzchniowych poprzez:

- spływu powierzchniowego - pasy te spowalniają wodę deszczową spływającą z pól, co pozwala na osadzanie się cząstek gleby i erodowanych osadów. Wpływa to na zapobieganie erozji wodnej,
- wychwytywanie biogenów - roślinność absorbuje nadmiar azotu i fosforu (biogenów) pochodzących z nawozów. Ogranicza to ich dopływ do wód, co jest kluczowe w zapobieganiu eutrofizacji (zakwitom glonów),
- redukcja pestycydów - rośliny i gleba w pasie buforowym pomagają w rozkładzie i zatrzymywaniu pestycydów.

2. Stabilizacja brzegów i gleby - systemy korzeniowe roślin stabilizują skarpy i brzegi rzek, chroniąc je przed podmywaniem,

3. Ochrona bioróżnorodności - stanowią cenne siedliska dla organizmów wodnych, płazów, owadów i ptaków. Bagienne strefy buforowe mogą magazynować wodę, łagodzając suszę i stanowiąc rezerwuar dla mokradeł.

Liniowe zadrzewienia (jak pasy wiatrochronne) są jednocześnie pasami buforowymi dla procesów wietrznych i mogą również, choć w mniejszym stopniu, redukować zanieczyszczenia chemiczne na granicach pól. Oba typy pasów są kluczowymi elementami w tworzeniu **zrównoważonego i odpornego krajobrazu**.

Retencja leśna

W powiecie brodnickim grunty leśne, zadrzewione i zakrzewione zajmują 21,7 % powierzchni i pełnią bardzo ważną rolę. Lasy wpływają pozytywnie na wielkość alimentacji wód opadowych (a przez to na zasoby wodne) – zwiększają bowiem infiltrację, przyczyniając się przez to do przeniesienia części powierzchniowej fazy odpływu wód opadowych w kierunku odpływu pokrywowego i podziemnego. Ważną rolę odgrywa tu znaczna retencyjność ściółki i gleb leśnych leśnych (tab. 5.5.1).

Tab. 5.5.1. Retencja leśna

Autor	Przykłady retencji leśnej
Michalik; (cyt. za Chełmicki, 2001)	Pokrywa mchów o masie 1 kg może przyjąć na powierzchni 1 m ² około 5 kg wody (około 5 mm opadu)
Osuch i Węglarczyk; (cyt. za Chełmicki, 2001)	Badania ściółki leśnej wykazały, że – przy założeniu średniej miąższości ściółki, wynoszącej 4,3 mm – jej maksymalna retencja wynosi prawie 12 mm wody (po osiągnięciu wypełnienia retencji maksymalnej, woda opadowa przestaje być przez ściółkę zatrzymywana)
Musierowicz (cyt. za Chełmicki, 2001)	W glebę leśną – spulchnioną zarówno przez organizmy glebowe, jak i system korzeniowy drzew – może wsiąknąć około 75% wody w stosunku do masy gleby w stanie suchym
Figuła (cyt. za Chełmicki, 2001)	Stosunek przepływu minimalnego do maksymalnego w zlewni silnie zalesionej (60%) i słabo zalesionej (20%) wynosi odpowiednio 1:155 i 1:410
Liberadzki i Szafrąński (cyt. za Przybyła i in., 2015)	W zalesionej w 15 % zlewni ciekłu Potaszka średnie odpływy jednostkowe były czterokrotnie wyższe niż w zlewni ciekłu Hutka zalesionego w 89 %. Ponadto odpływy ze zlewni ciekłu Hutka nie zanikają nawet przy dużych niedoborach opadów w okresie wegetacyjnym, co wpływa korzystnie na uwilgotnienie gleb przyległych siedlisk leśnych i zachowanie życia biologicznego w samym ciekłu
Murat-Błazejewska i Kujawa; Kancierz i in. (cyt. za Przybyła i in., 2015)	Na przykładzie zlewni Małej Welny wykazano, że poziom zwierciadła wody gruntowej w glebach leśnych jest znacznie wyższy niż w glebie uprawnej, a amplituda wahań stanów wód gruntowych w lesie jest 1,5-krotnie mniejsza niż w gruntach ornym
Koc i Solarzski (cyt. za Przybyła i in., 2015)	Odnotowano korzystny wpływ zlewni nieużytkowanej rolniczo w porównaniu ze zlewnią rolniczą na obniżenie odpływu jednostkowego i wielkości fali kulminacyjnej w przypadku wystąpienia deszczy nawalnych. Las trzykrotnie zmniejszał amplitudę odpływu i lepiej retencjonował wodę pochodzącą z topnienia śniegu i ulewnych deszczy
Fabijanowski i Jaworski (cyt. za Chełmicki, 2001)	Warstwa gleb leśnych (o miąższości 1 m) jest w stanie zmagazynować 2300 m ³ na obszarze 1 ha*

Przyjmując, że mokradła magazynują około 1/3 przeciętnej sumy opadów rocznych (Miler 2009), zatem, przyjmując dla środkowej części województwa kujawsko-pomorskiego przeciętną sumę opadów rocznych na poziomie 500 mm, można oszacować ilość wody retencjonowanej na 1 ha mokradła jako około 1667 m³ (tab. 5.5.2).

Przyjmując, że mokradła magazynują około 1/3 przeciętnej sumy opadów rocznych (Miler 2009), zatem, przyjmując dla środkowej części województwa kujawsko-

pomorskiego przeciętną sumę opadów rocznych na poziomie 500 mm, można oszacować ilość wody retencjonowanej na 1 ha mokradła jako około 1667 m³ (tab. 5.5.2).

Tab. 5.5.2. Ilość wody retencjonowanej przez mokradła leśne (Miler 2009)

Wyszczególnienie	Roczna suma opadu	Ilość wody retencjonowanej na 1 ha mokradła	
Przykład	500 mm	166,7 mm	1667 m ³ ·ha ⁻¹

* wg Instytut Technologiczno-Przyrodniczy Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy (ITP KPOB).

Zwiększenie powierzchni leśnej, zadrzewionej (fitomelioracje) wpływa także na powolniejsze uwalnianie się wody ze śniegu (w przypadku wystąpienia śnieżnych zim). Pokrywa śnieżna może dostarczać istotnych ilości wody dla gleby, pod warunkiem, że zostaną one (w jak największym stopniu) zatrzymane.

Tab. 5.5.3. Retencja śnieżna - zapas wody w pokrywie śnieżnej na danym obszarze – przykład (wg Pociask-Karteczka (red.), 2006)

<ul style="list-style-type: none"> • Zakładamy, że cała powierzchnia gruntów ornych w gospodarstwie (np. 17 ha)* pokryta jest warstwą śniegu o miąższości 36 cm i gęstości 0,12 g·cm⁻³. Gęstość pokrywy śnieżnej może być w zakresie od 0,07 (przy temperaturze powietrza podczas opadu śniegu poniżej -10°C) do 0,20 g·cm⁻³ (temperatura powyżej +2°C). • Obliczamy zapas wody w pokrywie śnieżnej ze wzoru: $h = 10 \cdot r_s \cdot h_s$ gdzie: h – punktowy zapas wody w pokrywie śnieżnej [mm] r_s – gęstość śniegu [g·cm⁻³] h_s – miąższość pokrywy śnieżnej [cm]. $h = 10 \cdot 36 \cdot 0,12 = 43,2 \text{ (mm)}$ • Obliczamy zapas wody w pokrywie śnieżnej na obszarze gospodarstwa (V) jako iloczyn punktowego zapasu wody (h) i obszaru gospodarstwa (A) [A = 17 ha = 170 000 m²; h = 43,2 mm = 4,32 cm = 0,0432 m]. V = h (m) · A (m²) = 0,0432 m · 170 000 m² = 7 374 m³

*- przyjęta przeciętna powierzchnia gospodarstwa w województwie kujawsko-pomorskim

Na terenach leśnych województwa kujawsko-pomorskiego, w tym powiatu brodnickiego, tak, jak na obszarze prawie całej Polski, występują niedobory wody wynikające z niekorzystnych bilansów wodnych. Może to w konsekwencji doprowadzić do degradacji niektórych siedlisk leśnych, w tym szczególnie cennych dla utrzymania bioróżnorodności (leśnych siedlisk mokradłowych). Temu niekorzystnemu zjawisku próbuje się przeciwdziałać m.in. poprzez tzw. programy małej retencji. Działania te mają spowodować wydłużenie drogi i czasu obiegu wody w zlewniach z jednoczesnym zapewnieniem samooczyszczania się wód.

5.6. Działania agroekologiczne zwiększające retencję w rolnictwie (pasy roślinności, mulczowanie, poprawa struktury gleby).

Działania agroekologiczne zwiększające retencję wody w rolnictwie skupiają się na poprawie zdolności gleby i krajobrazu do zatrzymywania wody, minimalizacji jej strat oraz spowolnieniu spływu powierzchniowego. Są to praktyki zgodne z zasadami rolnictwa **regeneratywnego** i **konserwującego**. Najważniejszymi elementami tych działań są: 1) poprawa retencji glebowej; 2) retencja w krajobrazie i ochrona przed spływem powierzchniowym; 3) dobór roślin i płodozmian.

1) Poprawa retencji glebowej. Kluczowe działania koncentrują się na poprawie struktury i składu gleby, co bezpośrednio zwiększa jej zdolność do magazynowania wody. Zaliczamy do nich:

- **zwiększanie zawartości próchnicy (materii organicznej)** – próchnica działa jak gąbka – wzrost jej zawartości w glebie o 1% może zatrzymać dodatkowo od 90 do 150 t H₂O/ha. Możemy poprawić zawartość próchnicy poprzez m.in. przyorywanie słomy (mulczowanie), uprawa poplonów i międzyplonów o dużej biomase, prawidłowe nawożenie naturalne (stosowanie obornika i kompostu);
- **agromelioracje** – zabiegi mające na celu polepszenie warunków glebowych oraz usprawnienie odprowadzenia wilgoci z gleby poprzez wykonanie orek głębokich i głębokiego spulchniania, zmieniając stan zagęszczenia, wywierają bezpośredni wpływ na zdolności retencyjne warstwy spulchnionej, a poprzez zmianę przepuszczalności i właściwości mechanicznych mogą wpływać na warunki odnawiania retencji glebowej i jej dostępność dla roślin;
- **minimalna i bezorkowa uprawa gleby (tzw. rolnictwo konserwujące)**. Poprzez te zabiegi ogranicza się przemieszczanie i mieszanie gleb, co pozwala zachować resztki poźniwne na powierzchni (mulcz). Zmniejsza to ewaporację, chroni glebę przed erozją oraz pozwala zachować stabilne, ciągłe pory, które zwiększają infiltrację (przesiákanie) wody. Lżejsza uprawa (spulchnianie a nie głęboka orka) zapobiega nadmiernemu natlenieniu i przyspieszonemu rozkładowi materii organicznej;
- **uprawa poplonów i międzyplonów (okrywa gruntowa)**. Dzięki tym zabiegom utrzymujemy glebę pokrytą roślinnością przez większą część roku, co ogranicza parowanie z powierzchni gruntu (ewaporację), chroni przed erozją (głównie na glebach lżejszych) oraz finalnie wzbogaca glebę w materię organiczną.

2) **Retencja w krajobrazie i ochrona przed spływem powierzchniowym.**

Działania te mają na celu spowolnienie odpływu wody z pól oraz jej gromadzenie w naturalnych bądź sztucznych zbiornikach retencyjnych. Głównie obejmują:

- **zabiegi przeciwerozyjne** – obejmujące orkę w poprzek stoków, tarasowanie na terenach nachylonych, co spowalnia spływ powierzchniowy i zwiększa wsiąkanie wody w głąb profilu glebowego, uprawy wstępowe, polegające na przemiennym wysiewie różnych gatunków roślin w pasy;
- **odtwarzanie elementów krajobrazowych (mikroretencja)** – obejmuje odtwarzanie i utrzymanie śródpolnych oczek wodnych, mokradeł i rowów melioracyjnych z możliwością piętrzenia, co pozwala na zwiększenie retencji powierzchniowej. Działania te obejmują również tworzenie i utrzymywanie zadrzewień śródpolnych, zakrzaczeń i stref buforowych (zadarnione pasy gruntu) na obrzeżach pól lub wzdłuż cieków wodnych. Roślinność ta spowalnia spływ, chroni przed erozją i poprawia mikroklimat;
- **racjonalne zarządzanie wodą z melioracji** – zmiana (przebudowa) systemów drenarskich, tak aby mogły pełnić rolę nawadniająco-odwadniająca (regulacja poziomu wód za pomocą zastawek piętrzących), tak aby umożliwić zatrzymanie wód w okresach suszy.

3) **Dobór roślin i płodozmian.** Głównym zadaniem tych działań jest takie planowanie upraw aby zminimalizować zapotrzebowanie na wodę oraz poprawić jej wykorzystanie w skali pola. Do najważniejszych działań zaliczamy:

- **stosowanie płodozmiianu** z udziałem roślin strukturotwórczych o głębokim i silnym systemie korzeniowym np. rośliny bobowate, lucerna, które spulchniają glebę, poprawiają jej strukturę i zdolności wodno-powietrzne;
- **dobór odmian odpornych na suszę** – głównie uprawa gatunków i odmian roślin o mniejszym zapotrzebowaniu na wodę (np. rośliny o typie fotosyntezy C₄, jak kukurydza czy sorgo) oraz takich, które lepiej znoszą okresowe niedobory wody;
- **zastępowanie roślin jarych oziminami** – ponieważ rośliny ozime, dzięki wcześniejszemu startowi wegetacji, lepiej wykorzystują zapasy wody zgromadzone po zimie i wczesną wiosną.

Wszystkie te działania są zbieżne z celami **rolnictwa konserwującego**, które dąży do minimalizacji degradacji gleby i maksymalizacji zasobów wodnych i biologicznych w ekosystemie rolnym.

Potencjalne, wybrane działania agroekologiczne zwiększające retencję glebową w powiecie brodnickim przedstawiono poniżej.

Tab. 5.6.1. Potencjalna możliwość zwiększenia retencji glebowej poprzez zabiegi agromelioracyjne; źródło: według założeń Cieślińskiego i Miatkowskiego 1996

Wyszczególnienie	Możliwość zwiększenia retencji glebowej poprzez zabiegi agromelioracyjne		
	niska	średnia	wysoka
Wielkość możliwości zwiększenia retencji	niska	średnia	wysoka
Warstwa wody (wskaźnik opadu)	10 mm	30 mm	50 mm
Ilość wody na powierzchni 1 ha	100 m ³ · ha ⁻¹	300 m ³ · ha ⁻¹	500 m ³ · ha ⁻¹
Ilość wody na 20 ha	2000 m ³	6000 m ³	10 000 m ³
Ilość wody w gruntach ornych (GO) w powiecie brodnickim (przy założeniu, że areal GO = 62 112 ha)	6 211 200 m³	18 633 600 m³	31 056 000 m³

Tab. 5.6.2. Potencjalna możliwość zwiększenia retencji glebowej poprzez wzrost zawartości próchnicy (humusu); źródło: według założeń Kędziory; cyt. za Chelmiński 2001

Wyszczególnienie	Zwiększenie zawartości próchnicy o 1 % w warstwie gleby*	
	0-100 cm	0-25 cm
Warstwa wody (wskaźnik opadu)	34 mm	8,5 mm
Ilość wody na powierzchni 1 ha	340 m ³ · ha ⁻¹	85 m ³ · ha ⁻¹
Ilość wody na 20 ha	6 800 m ³	1 700 m ³
Ilość wody w gruntach ornych (GO) w powiecie brodnickim (przy założeniu, że areal GO = 62 112 ha)	21 118 080 m³	5 279 520 m³

*- podniesienie zawartości próchnicy w glebie o 1 % jest prawie niemożliwe do uzyskania, ale warto zdawać sobie sprawę z tego, że wzrost zawartości próchnicy nawet o ułamek procenta może istotnie wpłynąć na wielkość retencji glebowej (i odwrotnie: spadek zawartości próchnicy w glebie obniża zdolności retencyjne gleby!)

Tab. 5.6.3. Wzrost porowatości ogólnej powoduje wzrost pojemności kapilarnej gleb; źródło: według badań Trybały; cyt. za Chelmiński 2001

<ul style="list-style-type: none"> • Wzrost porowatości ogólnej z 36 do 48 % powoduje wzrost pojemności kapilarnej gleb o 4 % • Zatem, nawet niewielki wzrost kapilarności może przyczynić się do zwiększenia ilości wody kapilarnej, niekiedy o kilka m³ · ha⁻¹

Tab. 5.6.4. Podniesienie pojemności wodnej gleb poprzez zastosowanie bentonitu; źródło: wg Instytutu Ogrodnictwa – PIB; cyt. za Treder 2022

<ul style="list-style-type: none"> • Dla podniesienia pojemności wodnej wierzchniej warstwy gleby o wartość średniej dziennej ewapotranspiracji z okresu lata (np. 3,4 mm), na każdy 1 m² gleby trzeba zastosować 1 kg bentonitu (czyli 10 ton na 1 ha)*. • Zatem, dawka 30 t·ha⁻¹ może podnieść pojemność wodną gleby o ok. 10 mm (100 m³/ha) • Dodatkowa ilość wody w gruntach ornych (GO) w powiecie brodnickim (przy założeniu, że areal GO = 62 112 ha i stosujemy dawkę 30 t·ha⁻¹) może wynieść 6 211 200 m³.
--

*- w literaturze można znaleźć opisy pozytywnych efektów stosowania bentonitu w dawkach od 20 aż do nawet 120 ton/ha.

Dostosowanie rozwiązań i działań do uwarunkowań środowiskowych powiatu brodnickiego.

Wobec ujemnego bilansu wodnego i problemu zagęszczenia gleb, w powiecie brodnickim kluczowe są następujące działania:

1. Zwiększanie zawartości glebowej materii organicznej (próchnicy)

Próchnica jest podstawowym wskaźnikiem żyzności gleby, która wiąże około 3 do 5 razy więcej wody w stosunku do swojej masy.

Metoda działania	Opis	Przykład	Kiedy stosować dla największych efektów
Płodozmian wzbogacający	Właściwe następstwo roślin zapewniające dodatni bilans. Wprowadzanie do płodozmianu roślin o dodatnim współczynniku reprodukcji materii organicznej, które dzięki silnemu systemowi korzeniowemu poprawiają strukturę gleby.	Rośliny wzbogacające: wieloletnie rośliny pastewne (bobowate i ich mieszanki z trawami), rośliny strączkowe, międzyplony przyorywane na nawóz zielony. Przykłady: lucerna, koniczyna, łubin, groch.	Regularnie, w każdym ogniwie zmianowania, szczególnie przed roślinami zubażającymi glebę (np. kukurydzą, okopowymi).
Mulczowanie i międzyplony	Utrzymywanie gleby pod okrywą roślinną lub resztkami poźniwnymi (mulczem), co ogranicza parowanie wody (ewaporację) i spływ powierzchniowy.	Międzyplony ścierniskowe: gorczyca biała, gryka, facelia, seradela, łubin.	Natychmiast po zbiorze, w celu przerwania podsiąku kapilarnego.

Korzyści ilościowe i efekty ekologiczne:

- Wielkość retencji: Wzrost zawartości próchnicy w glebie o 1% zatrzymuje dodatkowo od 90 do 150 ton wody na hektar.
- Dla powiatu brodnickiego: Potencjalne zwiększenie retencji w warstwie 0–25 cm gruntów ornych (62 112 ha) po wzroście zawartości próchnicy o 1% wynosi około 5 279 520 m³.
- Sekwestracja CO₂: Poprawa bilansu próchnicy i stosowanie uprawy konserwującej przyczyniają się do wzrostu sekwestracji węgla organicznego w glebie.

2. Agromelioracje i konserwująca uprawa roli

Metoda działania	Opis	Wskazanie przykładów	Kiedy stosować dla największych efektów
Głęboszowanie	Mechaniczne spulchnienie warstwy poduprawnej (podeszwy płużnej), które występuje na intensywnie użytkowanych glebach zwięzłych i średnich. Poprawia przepuszczalność gleby, co zwiększa infiltrację wody opadowej i umożliwia korzeniom głębszy rozwój.	Wykonanie zabiegu głęboszowania (np. na głębokość 40–45 cm). Należy unikać zbyt dużej wilgotności gleby, by jej nie zagęszczać.	Latem, po żniwach, gdy gleba jest sucha, co pozwala na jej pękanie i rozkruszanie. Zaleca się stosować nie częściej niż co 3–5 lat.
Uprawa konserwująca (bezorkowa)	System minimalizujący intensywność uprawy, polegający na zastąpieniu pługa narzędziami nieodwracającymi roli, przy jednoczesnym pozostawianiu na powierzchni min. 30% resztek poźniwnych (mulczu).	Uprawa pasowa (strip-till), uprawa bezorkowa (kultywatory ścierniskowe, brony talerzowe) lub siew bezpośredni.	Zalecana wszędzie, gdzie celem jest zmniejszenie ewaporacji, ochrona gleby przed degradacją i erozją.
Regulacja odczynu (wapnowanie)	Utrzymywanie prawidłowego odczynu gleby jest podstawowym warunkiem dla tworzenia trwałej struktury gruzełkowej, co bezpośrednio wpływa na prawidłową gospodarkę wodną gleby.	Stosowanie nawozów wapniowych.	Regularnie, zgodnie z potrzebami gleby jako warunek wstępny innych działań regeneracyjnych.

Korzyści ilościowe z agromelioracji:

- Wielkość retencji: Zwiększenie zasięgu systemu korzeniowego dzięki spulchnieniu podglebia daje dodatkowo około 30–50 mm wody.
- Dla powiatu brodnickiego: Przy średniej możliwości zwiększenia retencji (30 mm) w gruntach ornych (62 112 ha), retencja może wzrosnąć o 18 633 600 m³.

3. Dobór roślin

- Preferowanie ozimin: oziminy (np. pszenica, rzepak) są mniej wrażliwe na suszę wiosenną, ponieważ lepiej wykorzystują zapasy wody zgromadzone w okresie

jesiennie-zimowym niż formy jare. Można stosować też zboża przewódkowe (np. pszenica jara: Arabella, Mandaryna; żyto jare: Bojko) wysiewane późną jesienią.

- Rośliny C4: rośliny o typie fotosyntezy C4 (kukurydza, sorgo, proso) są lepiej przystosowane do wysokich temperatur i niedoborów wody. Proso i sorgo zużywają tylko 200-300 l wody na 1 kg suchej masy, w porównaniu do pszenicy (500-600 l).

Działania na rzecz retencji leśnej i krajobrazowej

Lasy, grunty zadrzewione i zakrzewione zajmują 21,7% powierzchni powiatu brodnickiego.

Działanie	Opis	Korzyści ilościowe i środowiskowe	Miejsca potencjalnej lokalizacji
Retencja glebowa i ściółkowa	Ochrona ściółki leśnej (retencja bierna) oraz utrzymanie spulchnionej struktury gleb leśnych.	Ściółka może przyjąć maksymalnie prawie 12 mm wody opadu, a warstwa gleb leśnych (1 m) może zmagazynować 2300 m ³ /ha. Lasy zwiększają infiltrację wody i przyczyniają się do przeniesienia odpływu powierzchniowego w kierunku podziemnego.	Na całym obszarze leśnym (21,7% powiatu).
Zadrzewienia i pasy wiatrochronne	Tworzenie półprzepuszczalnych pasów drzew i krzewów (np. żywopłoty, remizy), orientowanych prostopadle do dominujących wiatrów.	Redukcja ewapotranspiracji z powierzchni pola przez ograniczenie prędkości wiatru, co jest kluczowe w warunkach suszy. Ograniczenie erozji wietrznej.	Na obrzeżach dużych pól uprawnych.
Mała retencja techniczna	Instalowanie zastawek, progów i stopni piętrzących na rowach melioracyjnych w celu kontrolowanego zatrzymywania wody.	Magazynowanie wody w ciekach i podnoszenie poziomu wód gruntowych na terenach przyległych. Ochrona mokradel i torfowisk przed murszeniem (emisją CO ₂), gdyż torfowiska magazynują ogromne ilości węgla i wody.	Rowy melioracyjne i ciek wodne na obszarze rolniczym i leśnym.

W powiecie brodnickim, z uwagi na dobrą jakość gleb i intensywną uprawę, która prowadzi do zagęszczania, istotne jest głęboszowanie i zwiększanie materii organicznej. Ze względu na ujemny KBW, niezbędna jest również uprawa konserwująca i mulczowanie w celu minimalizacji ewaporacji.

Wielkości retencji, które można uzyskać:

- Potencjał retencji z agromelioracji (średnio 30 mm): 18 633 600 m³ w gruntach ornych.
- Potencjał retencji ze wzrostu zawartości próchnicy (o 1%, warstwa 0-25 cm): 5 279 520 m³ w gruntach ornych.
- Potencjał zwiększenia pojemności wodnej poprzez zastosowanie bentonitu (dawka 30 t·ha⁻¹): 6 211 200 m³ w gruntach ornych.

Głównym ograniczeniem jest wysoki koszt początkowy zakupu specjalistycznych maszyn do uprawy konserwującej (np. do siewu bezpośredniego lub pasowego). Ponadto, występuje bariera wiedzy i postaw (powszechne przekonanie, że orka jest najlepsza) oraz ryzyko zwiększonego zachwaszczenia przy uproszczeniu uprawy. W warunkach drastycznego niedoboru wody, zabiegi agrotechniczne jedynie łagodzą skutki suszy, a nie eliminują konieczności wprowadzenia systemów nawodnieniowych.

Dla powiatu brodnickiego, charakteryzującego się ujemnym KBW (-151 mm) i wysokim odsetkiem intensywnie użytkowanych gleb wysokich klas, największe znaczenie mają: głęboszowanie (potencjał retencji 18,6 mln m³) oraz zwiększanie zawartości próchnicy (potencjał 5,28 mln m³).

Rekomendacje praktyczne dla lokalnych warunków:

1. Zwalczanie zagęszczenia: regularne monitorowanie i stosowanie głęboszowania (w suchych warunkach) na polach ornych, aby zlikwidować podeszwę płużną i poprawić infiltrację wody opadowej.
2. Ochrona struktury: wprowadzenie płodozmianu z wysokim udziałem roślin strukturotwórczych (bobowate, mieszanki traw) i międzyplonów na zielony nawóz.
3. Redukcja strat wody: priorytetowe stosowanie uprawy konserwującej i mulczowania resztkami poźniwnymi w celu minimalizacji ewaporacji.

4. Mała retencja: inwestowanie w budowie piętrzące na rowach melioracyjnych (zastawki) w celu podniesienia poziomu wód gruntowych, co wspiera sąsiadujące TUZ i grunty orne.

6. Analiza wariantów i dobór optymalnych rozwiązań (dwa obiekty na terenie powiatu).

6.1. Przygotowanie wariantów rozwiązań w zależności od uwarunkowań terenowych i ekonomicznych.

Przygotowanie wariantów rozwiązań retencyjnych stanowi kluczowy etap opracowania, łączący część diagnostyczną z procesem wyboru inwestycji priorytetowych. Na bazie dostarczonej przez LPW listy inwestycji priorytetowych przeprowadzono analizę wariantową. Celem wariantowania było wskazanie takich zestawów działań, które w warunkach terenowych analizowanego powiatu pozwolą na możliwie największą poprawę bilansu wodnego, przy jednoczesnym zachowaniu racjonalności ekonomicznej oraz realnych możliwości wdrożeniowych na poziomie gmin i lokalnych partnerstw wodnych. Proces ten uwzględniał zarówno specyfikę środowiskową obszaru, jak i ograniczenia organizacyjne oraz finansowe jednostek samorządu terytorialnego.

Punktem wyjścia do przygotowania wariantów była analiza uwarunkowań terenowych przedstawiona w powyższych rozdziałach, które w istotny sposób determinują efektywność potencjalnych działań retencyjnych.

Równolegle uwzględniono uwarunkowania ekonomiczne i organizacyjne, które w praktyce decydują o możliwości realizacji inwestycji. Szczególną uwagę zwrócono na koszty jednostkowe uzyskiwanej retencji, zakres ingerencji w strukturę własności gruntów, konieczność prowadzenia procedur administracyjnych oraz potencjalne koszty eksploatacyjne. Warianty projektowano w taki sposób, aby możliwe było ich etapowanie, a także dostosowanie skali realizacji do dostępnych środków finansowych i zdolności organizacyjnych gmin, spółek wodnych oraz właścicieli gruntów rolnych.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wyodrębniono dwie inwestycje związane z budową lub odbudową obiektów technicznych w miejscach o największym potencjale retencyjnym na obszarach wiejskich. Dla każdej z inwestycji określono warunki techniczne, oparte głównie na budowie i renowacji małych zbiorników retencyjnych, zastosowaniu obiektów piętrzących w ciekach i rowach melioracyjnych, mikroretencja

śródpolna, spowalnianie odpływu w rowach, renaturyzacja niewielkich cieków oraz odbudowa naturalnych zdolności retencyjnych gleb. Działania techniczne charakteryzować się mają wysoką skutecznością lokalną, szczególnie w zakresie magazynowania wody i stabilizacji przepływów, umożliwiając zarówno szybkie efekty lokalne, jak i długofalową poprawę funkcjonowania systemu wodnego, przy uwzględnieniu realności nakładów inwestycyjnych, możliwości ingerencji w środowisko i własność gruntów dużą elastycznością przestrzenną oraz możliwością realizacji przy aktywnym udziale lokalnych użytkowników gruntów.

6.2. Ocena efektywności poszczególnych rozwiązań na podstawie symulacji hydrologicznych (zmiany przepływów, retencja).

Ocena efektywności zaproponowanych wariantów została przeprowadzona w oparciu o analizy hydrologiczne, których celem było ilościowe określenie wpływu poszczególnych rozwiązań na funkcjonowanie systemu wodnego. Analizy te koncentrowały się przede wszystkim na zmianach wielkości i dynamiki odpływu, zdolności retencyjnej zlewni oraz dostępności wody w okresach deficytowych, kluczowych z punktu widzenia rolnictwa i bezpieczeństwa wodnego. Symulacje wykonano w odniesieniu do reprezentatywnych zlewni cząstkowych i mikrozlewni, odzwierciedlających zróżnicowane warunki hydrologiczne i użytkowanie terenu występujące na obszarze powiatu. Dla każdego wariantu rozważono scenariusz stanu istniejącego, scenariusz wdrożenia działań w skali minimalnej oraz scenariusz realizacji pełnego zakresu rozwiązań. Pozwoliło to na ocenę zarówno efektów początkowych, jak i potencjalnych korzyści wynikających z konsekwentnej, długofalowej realizacji programu retencyjnego.

Wyniki symulacji wskazują, że wybrane dwa warianty techniczne prowadzić będą do wyraźnego zwiększenia objętości retencjonowanej wody na obszarze powiatu. Efekty te mają jednak charakter punktowy i w ograniczonym stopniu przekładają się na poprawę bilansu wodnego w skali całych zlewni cząstkowych. Symulacje wskazują, że wybrane warianty inwestycji redukcją kulminacji odpływu w okresach intensywnych opadów, jak i zwiększenie dostępności wody w okresach wegetacyjnych. Wskaźniki efektywności ekonomicznej, odnoszące koszty inwestycji do uzyskanej objętości retencji, plasują ten wybrane warianty jako najbardziej optymalny z punktu widzenia długoterminowej strategii gospodarowania wodą.

Przeprowadzona ocena potwierdza, że skuteczna poprawa bilansu wodnego w analizowanym powiecie wymaga odejścia od rozwiązań jednowymiarowych na rzecz zintegrowanego systemu retencji. Wyniki symulacji stanowią bezpośrednią podstawę do dalszej priorytetyzacji inwestycji oraz wskazania obszarów, w których wdrażanie działań przyniesie największe korzyści hydrologiczne, środowiskowe i gospodarcze.

6.3. Analiza kosztów inwestycyjnych i utrzymaniowych oraz korzyści społeczno-ekonomicznych (poprawa warunków rolniczych, zmniejszenie strat powodziowych, poprawa jakości środowiska).

Melioracje wodne mogą być określone jako zespół działań podejmowanych w celu poprawy stosunków powietrzno-wodnych w przypowierzchniowej warstwie ziemi – głównie w glebie i podglebiu. Związane są przede wszystkim z rolnictwem, jednak ze względu na rozwój pozarolniczej działalności gospodarczej na obszarach wiejskich ich właściwe funkcjonowanie ma coraz częściej znaczenie dla całej gospodarki (Bukowski i in. 2014).

Ze względu na długookresowy charakter, przedsięwzięcia związane z melioracjami wodnymi, z ekonomicznego punktu widzenia, mają charakter inwestycji.

W celu określenia efektywności ekonomicznej planowanych inwestycji w powiatach województwa kujawsko-pomorskiego posłużono się kilkoma wskaźnikami ekonomicznymi ogólnie stosowanymi w celach oceny efektywności inwestycji.

- I. Nakłady inwestycyjne (ang. Capital Expenditures, CAPEX)** – koszty związane z nabyciem lub ulepszaniem aktywów trwałych, takich jak nieruchomości, maszyny, sprzęt, inwestycje długoterminowe, budowa nowych obiektów.
- II. Koszty operacyjne / wydatki inwestycyjne (ang. Operating Expenses, OPEX)** – wydatki ponoszone na bieżące funkcjonowanie i utrzymanie firmy, takie jak wynagrodzenia, czynsze, media (prąd, internet), marketing czy materiały eksploatacyjne, które są księgowane w rachunku zysków i strat w okresie ich poniesienia i nie wpływają na wartość długoterminowych aktywów.
- III. Czas zwrotu inwestycji (ang. Payback Period, PP)** to wskaźnik określający, jak długo (w miesiącach/latach) potrzeba na odzyskanie początkowych nakładów finansowych z generowanych przez projekt przepływów pieniężnych, liczy się go, dzieląc inwestycję przez roczne przepływy, i jest prostym narzędziem do oceny ryzyka

i szybkości odzyskania kapitału, choć nie uwzględnia wartości pieniądza w czasie ani zysków po okresie zwrotu.

IV. Analiza kosztów i korzyści (ang. Cost Benefit Analysis, CBA) – metoda kosztów i korzyści jest jedną z kilku metod stosowanych do ewaluacji różnego typu projektów inwestycyjnych. CBA jest narzędziem analitycznym służącym do oceny korzyści lub wad ekonomicznych decyzji inwestycyjnej poprzez ilościowe określenie zmian dobrobytu, które można przypisać jej realizacji. Ma na celu ilościowe określenie wszystkich korzyści i kosztów dla społeczeństwa w kategoriach pieniężnych. Są to oddziaływania ekonomiczne, społeczne i środowiskowe. Polega ona na porównaniu wszystkich możliwych korzyści społecznych wynikających z realizacji projektu z kosztami generowanymi przez ten projekt. Gdy zdyskontowana wartość wszystkich zidentyfikowanych korzyści jest większa od sumy zdyskontowanych kosztów, projekt jest efektywny ekonomicznie. Stosowanie metody CBA pozwala nie tylko na wytypowanie tych projektów, które są społecznie pożądane, ale również umożliwia wskazanie tego z rozważanych wariantów danego projektu, którego efektywność ekonomiczna jest największa. Społeczno-ekonomiczna analiza kosztów i korzyści powinna uwzględniać nie tylko finansowe koszty i korzyści wyrażane przepływami pieniężnymi, ale również dostarczać informacji o tych aspektach oddziaływania przedsięwzięcia, które nie są przedmiotem transakcji rynkowych (KE 2021).

Zgodnie z tą metodą oszacowane koszty i korzyści należy przedstawić za pomocą wskaźnika określającego zasadność przeprowadzanego przedsięwzięcia:

$$NPV = \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto przedsięwzięcia (ang. net present value);

B_t – korzyści przedsięwzięcia w okresie t ;

C_t – koszty przedsięwzięcia w okresie t ;

r – stopa dyskontowa.

Liczbę lat (jeśli rachunek prowadzi się w okresach rocznych), po której wskaźnik **NPV** zmienia swą wartość z ujemnej na dodatnią, określa się jako okres zwrotu kapitału zaangażowanego w inwestycję. Wyznacza ona czas, po jakim efekty uzyskane z

prowadzonej działalności pokryją w pełni poniesione do tego momentu nakłady, w tym także nakłady inwestycyjne (Dynus 2007).

- V. **Wskaźnik Korzyści do Kosztów (ang. Benefit-Cost Ratio - B/C)** – wskazuje, jaką wartość przychodów generuje każda jednostka kosztów):

$$B/C = \frac{\text{Suma zdyskontowanych korzyści}}{\text{Suma zdyskontowanych kosztów}}$$

Interpretacja: Jeśli $B/C > 1$, korzyści przewyższają koszty. Jest to przydatne do rankingu alternatywnych projektów.

- VI. **Wewnętrzna stopa zwrotu (ang. Internal Rate of Return, IRR)** – kolejny wskaźnik stosowany w ocenie efektywności inwestycji. Jest to taka stopa dyskonta, przy której obecna wartość netto NPV, obliczona dla całego okresu działalności, jest równa zero. Inwestycja jest efektywna ekonomicznie tylko wtedy, gdy wewnętrzna stopa zwrotu jest co najmniej równa wielkości przyjętej stopy dyskonta ($IRR \geq r$) (Bukowski 2012). Zastosowana w obliczeniach stopa dyskonta r powinna odzwierciedlać alternatywny koszt kapitału dla inwestora. W analizie do wyznaczenia społecznej stopy dyskontowej przyjęto obliczenia zaprezentowane przez Generalną Dyрекcję ds. Rozwoju Regionalnego KE (KE 2008). Według tych szacunków stopa wzrostu wydatków publicznych w Polsce wynosi 3,8%, elastyczność krańcowego dobrobytu społecznego (jako odpowiednik krańcowej użyteczności konsumpcji) w odniesieniu do wydatków publicznych jest równa 1,12%, a stopa czystej preferencji czasowej wynosi 1,0%. Obliczona na tej podstawie realna **społeczna stopa dyskontowa (ang. Social Discont Rate, SDR)** przyjmuje wartość 5,26%.

Do oceny efektywności ekonomicznej priorytetowych przedsięwzięć inwestycyjnych w poszczególnych Powiatowych Lokalnych Partnerstwach Wodnych przyjęto następujące założenia oraz podział do wyceny ich społecznych efektów.

1. Inwestycje z kategorii melioracji szczegółowych:

- Remont i budowa to inwestycje o tym samym charakterze. Zły stan urządzeń wymuszający prace remontowe, był spowodowany brakiem prac konserwatorskich w wystarczającym zakresie, a dotychczasowe koszty eksploatacyjne w przybliżeniu są równe 0. W związku z tym, urządzenia te nie

funkcjonowały w odpowiedni sposób, a więc wartość efektów wynikających z ich dotychczasowego istnienia także w przybliżeniu jest równa 0.

- Obszar oddziaływania urządzeń melioracji szczegółowych jest zgodny z danymi udostępnionymi przez MRiRW.
- Efektem wynikającym z nowych inwestycji i remontów jest coroczny przyrost plonów na obszarze objętym oddziaływaniem urządzeń. Wartość tego efektu obliczono zakładając 17% przyrost plonów zbóż, rzepaku i trwałych użytków zielonych oraz 12% wzrost plonów buraków cukrowych i ziemniaków (Manteuffel Szoega 2002);
- Struktura zasiewu i wielkość plonów jest taka sama jak średnia dla obszaru całego kraju z lat 2020–2023, zaś ceny skupu plonów – takie jak w 2024 r. (GUS 2024).
- Urządzenia melioracji szczegółowych eliminują straty spowodowane podtopieniami gruntów ornych w latach mokrych. Średnia wartość szkód spowodowanych podtopieniami została przyjęta na podstawie programów pomocy finansowej Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR) dla rolników poszkodowanych przez niekorzystne zjawiska pogodowe (w tym deszcz nawalny lub powódź/podtopienia) i została ona oszacowana średnio na 3000 zł ha⁻¹ (ARiMR 2024).

2. Inwestycje związane z budową lub remontem budowli piętrzących:

- W przypadku budowy (remontu) piętrzenia na ciekach efekt społeczny wynika z wyeliminowania kosztów związanych z koniecznością retencjonowania takiej samej ilości wody w dużych zbiornikach, których budowa i eksploatacja jest droższa. Jednostkowa wartość korzyści z tego tytułu w bieżącym poziomie cen wynosi 3,99 zł na każdy m³ zretencjonowanej wody (Kowalewski 2003).
- W przypadku budowy (remontu) piętrzenia na istniejących zbiornikach wodnych (jeziora, stawy itp.) wartość korzyści społecznych wynika z ograniczenia strat w produkcji roślinnej wywołanych suszą. Przyjęto za Łabędzkiem (2006) częstotliwość występowania susz na poziomie 22% oraz wartość strat w produkcji roślinnej równą 25% dla ziemniaków i 27% w przypadku trwałych użytków zielonych.
- Średnia ilość wody zmagazynowanej dzięki piętrzeniu na ciekach wynosi 10,88 tys. m³, zaś na zbiornikach – 317,3 tys. m³ (GUS 2025).

- Struktura zasiewu, wielkość plonów oraz ceny skupu plonów potrzebne do określenia wartości ograniczonych strat spowodowanych suszami określono w ten sam sposób, jak w przypadku melioracji szczegółowych.

Ponadto przyjęto, że realizacja inwestycji będzie generować dodatkowe koszty eksploatacyjne związane z koniecznością utrzymania nowo powstałych urządzeń. Wielkość dodatkowych kosztów eksploatacyjnych, w przypadku wszystkich kategorii inwestycji, określono na podstawie pracy Kacy (2011).

Występowanie znacznych dodatnich efektów w postaci korzyści społecznych (zwiększenia bezpieczeństwa przeciwpowodziowego, poprawy stosunków powietrzno-wodnych w glebie, zwiększenia ilości retencjonowanej wody) uzasadnia jednak wspieranie tego rodzaju projektów ze środków publicznych, które mogą mieć różne źródła. Z obliczonych wartości wskaźników jednoznacznie wynika, że inwestycje wodno-melioracyjne mogą być finansowane ze środków publicznych. Inwestorzy prywatni, którzy w swej działalności gospodarczej dążą do maksymalizacji osiąganego zysku, nie byłiby zainteresowani tego typu przedsięwzięciami z powodu zbyt małej ich efektywności ekonomicznej.

VII. Koszty inwestycyjne i utrzymaniowe zostały przyjęte na podstawie informacji i wytycznych z ARiMR dotyczących inwestycji melioracyjnych.

W niniejszym podrozdziale przedstawiono analizę kosztów inwestycyjnych oraz kosztów utrzymaniowych dla dwóch inwestycji wskazanych przez Lokalne Partnerstwo Wodne (LPW) do realizacji na terenie powiatu brodnickiego.

Inwestycja I.

Modernizacja zbiornika retencyjnego w m. Górzno

Wprowadzenie i cel opracowania. Celem opracowania jest przygotowanie ekspertyzy hydrologicznej wraz z koncepcją techniczną odbudowy istniejącego zbiornika retencyjnego w miejscowości Górzno, mającą na celu:

- zwiększenie retencji wód opadowych i roztopowych w zlewni miejskiej,
- ograniczenie lokalnych podtopień w rejonie ulic Polnej, Matejki i 11 Listopada,
- poprawę bezpieczeństwa przeciwpowodziowego i funkcjonowania sieci kanalizacji deszczowej,
- odbudowę funkcji ekologicznej i krajobrazowej zbiornika, poprzez renaturyzację brzegów, zwiększenie udziału naturalnych stref buforowych, odtworzenie

lokalnych siedlisk wodno-błotnych oraz poprawę jakości środowiska przyrodniczego w centrum miejscowości;

- zwiększenie różnorodności biologicznej i pojemności czynnej retencji, m.in. poprzez stworzenie warunków sprzyjających zasiedlaniu zbiornika przez gatunki związane ze środowiskiem wodnym, rozwój roślinności hydro- i higrofilnej, a także ograniczenie negatywnego wpływu erozji, spływu zanieczyszczeń i nagłych zmian poziomu wód.

Zakres proponowanych działań:

1. Odbudowę i pogłębienie istniejącego zbiornika do rzędnej 121,0 m n.p.m., zwiększając pojemność z ok. 500 m³ do ok. 1500 m³.
2. Zwiększenie przepustowości odpływu – wymiana rurociągu wylotowego na Ø 1500 mm, umożliwiającą szybkie odprowadzenie nadmiaru wody przy opadach nawałnych.
3. Wzmocnienie i rekultywację skarp przy użyciu geokrat i nasadzeń hydrofitowych (pałka, kosaćce, turzyce).
4. Budowę nowego zbiornika retencyjnego w rejonie ul. Matejki o pojemności ok. 3000 m³ (wymiary 40 × 25 m, głęb. 3 m, dno na rzędnej 117,3 m n.p.m.) – alternatywnie zbiornik podziemny z retencją techniczną, jeśli warunki przestrzenne uniemożliwiają utworzenie otwartego obiektu.
5. Przebudowę systemu dopływów i wlotów kanalizacji deszczowej wraz z legalizacją istniejących wylotów.

Tab. 6.3.1. Koszty proponowanych działań inwestycyjnych dot. modernizacji zbiornika retencyjnego w m. Górzno

Lp.	Zakres proponowanych działań inwestycyjnych i utrzymaniowych	Szacunkowy koszt (zł)
1.	Odbudowę i pogłębienie istniejącego zbiornika do rzędnej 121,0 m n.p.m., zwiększając pojemność z ok. 500 m ³ do ok. 1500 m ³ .	30 000
2.	Zwiększenie przepustowości odpływu – wymiana rurociągu wylotowego na Ø 1500 mm, umożliwiającego szybkie odprowadzenie nadmiaru wody przy opadach nawaalnych	30 000
3.	Wzmocnienie i rekultywację skarp przy użyciu geokrat i nasadzeń hydrofitowych (pałka, kosańce, turzyce).	15 000
4.	Budowę nowego zbiornika retencyjnego w rejonie ul. Matejki o pojemności ok. 3000 m ³ (wymiary 40 × 25 m, głęb. 3 m, dno na rzędnej 117,3 m n.p.m.)	90 000
5.	Przebudowę systemu dopływów i wlotów kanalizacji deszczowej wraz z legalizacją istniejących wylotów.	50 000
6.	Prace utrzymanie i konserwacja istniejących urządzeń	20 000
Suma		235 000*

* koszty szacunkowe mogą być inne w zależności od różnych czynników np. rodzaju gleby, regionu, wykonawcy itp.

Analiza inwestycji I: Modernizacja zbiornika w Górznie

Założenia:

Moment przeprowadzenia analizy: grudzień 2025 r.

Horyzont czasowy: 30 lat

Spółeczna stopa dyskonta (SDR): $r = 5,26\%$

1. Koszty (CAPEX i OPEX) - C_t

Inwestycja dotyczy zwiększenia retencji wód opadowych w zlewni miejskiej, ograniczenia podtopień oraz odbudowy funkcji ekologicznej i krajobrazowej zbiornika. Zakłada odbudowę i pogłębienie istniejącego zbiornika oraz budowę nowego zbiornika retencyjnego w rejonie ul. Matejki.

Tab. 6.3.2. Koszty CAPEX i OPEX

Pozycja	Wartość (PLN)	Szczegóły
CAPEX	215 000	Suma pozycji 1-5. Głównie budowa nowego zbiornika (90 000 PLN) i przebudowa kanalizacji deszczowej (50 000 PLN).
OPEX	20 000 / rok	Prace utrzymaniowe i konserwacja istniejących urządzeń

2. Roczne korzyści B_t

Inwestycja ma charakter miejski i melioracyjny. Korzyści są w dużej mierze związane z poprawą bezpieczeństwa przeciwpowodziowego i funkcjonowaniem sieci kanalizacji deszczowej. Zastosowane założenia monetarne są zgodne z sekcją korzyści społeczno-ekonomicznych.

Tab. 6.3.3. Rodzaje korzyści B_t

Rodzaj korzyści	Obliczenie i założenie	Wartość (PLN)
Rolnicze (przyrost plonów)	30 ha* 4 000 PLN/ha*5%	6 000
Uniknięte straty powodziowe	Normalizacja (200 000 PLN / 10 lat)	20 000
Usługi ekosystemowe	Bioróżnorodność, jakość wody, walory krajobrazowe	15 000
Suma		41 000 PLN/rok

3. Czas zwrotu inwestycji (Payback Period)

$$\text{Prosty Okres Zwrotu} = \frac{\text{CAPEX}}{\text{Roczne Korzyści Netto}} = \frac{\text{CAPEX}}{B_t - \text{OPEX}}$$

Roczne korzyści netto = 41 000 PLN/rok – 20 000 PLN/rok = 21 000 PLN/rok

$$\text{Prosty okres zwrotu} = \frac{215\,000 \text{ PLN}}{21\,000 \text{ PLN/rok}} \approx 10,24 \text{ roku}$$

Inwestycja oferuje odzysk kapitału w około 10 lat i 3 miesiące.

4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej (CBA)

Tab. 6.3.4. Wartości wskaźników efektywności ekonomicznej CBA

Wskaźnik	Wartość (SDR): $r = 5,26\%$	Komentarz
PV kosztów	511 800 PLN	Bieżąca wartość $B_t = \text{CAPEX} + \sum_{t=1}^{30} \frac{\text{OPEX}}{(1+0,0526)^t}$
PV korzyści	607 000 PLN	Bieżąca wartość $C_t = \sum_{t=1}^{30} \frac{B_t}{(1+0,0526)^t}$
NPV	95 200 PLN	NPV > 0 Projekt jest efektywny ekonomicznie
B/C Ratio	1,19	B/C > 1 Korzyści przewyższają koszty
IRR	7,3%	IRR > 5,26% SDR. Inwestycja jest efektywna ekonomicznie

Inwestycja II

Odtworzenie pierwotnego poziomu wody naturalnego stawu w m. Górale

Wprowadzenie i cel opracowania.

Celem niniejszej ekspertyzy jest opracowanie koncepcji hydrologiczno-przyrodniczej odtworzenia pierwotnego poziomu wody naturalnego stawu zlokalizowanego w miejscowości Górale, w gminie Górzno, w powiecie brodnickim. Projekt koncentruje się na przywróceniu równowagi hydrologicznej i ekologicznej zbiornika, który w wyniku wieloletnich zmian użytkowania terenu, obniżenia retencji i zaburzeń odpływu uległ znacznemu wypłyceniu, przesuszeniu oraz degradacji siedlisk wodno-błotnych.

Założenia hydrotechniczne:

Projektowana koncepcja zakłada:

1. Oczyszczenie misy zbiornika z roślinności trzcinowej i namulów, przy jednoczesnym zachowaniu części naturalnych siedlisk dla awifauny i płazów, tak aby nie zaburzyć lokalnej bioróżnorodności.
2. Pogłębienie misy do poziomu umożliwiającego retencjonowanie ok. 10–15 tys. m³ wody.
3. Uformowanie łagodnych skarp (1:4–1:6) w celu poprawy bezpieczeństwa, zwiększenia dostępności biologicznej oraz sprzyjania naturalizacji brzegów i rozwoju roślinności strefy litoralu.
4. Skierowanie wód z sąsiednich zlewni (np. z dróg i terenów rolnych) do zbiornika poprzez wykonanie niewielkich rowów doprowadzających i przepustu pod drogą.
5. Budowa progu lub zastawki piętrzącej z możliwością regulacji poziomu wody i odpływu.
6. Zalesienie i nasadzenia w strefie buforowej w celu zwiększenia filtracji biogenicznej, redukcji spływu powierzchniowego oraz wzmocnienia retencji biologicznej i walorów przyrodniczych otoczenia.
7. Prace remontowe – utrzymanie i konserwacja istniejących urządzeń.

Tab. 6.3.5. Zakres proponowanych działań inwestycyjnych i utrzymaniowych

Lp.	Zakres proponowanych działań inwestycyjnych i utrzymaniowych	Szacunkowy koszt (zł)
1.	Oczyszczenie misy zbiornika z roślinności trzcinowej i namulów, przy zachowaniu części siedlisk dla awifauny i płazów	450 000
2.	Pogłębienie misy do poziomu umożliwiającego retencjonowanie ok. 10–15 tys. m ³ wody	
3.	Uformowanie łagodnych skarp (1:4–1:6) dla poprawy bezpieczeństwa i naturalizacji brzegów	8750
4.	Wykonanie niewielkich rowów doprowadzających i przepustu pod drogą	9450
5.	Budowa progu lub zastawki piętrzącej z możliwością regulacji poziomu wody i odpływu	23 000
6.	Zalesienie i nasadzenia w strefie buforowej (olsza, wierzba, turzyce, tatarak) w celu zwiększenia filtracji i retencji biologicznej	20 000
7.	Prace remontowe – utrzymanie i konserwacja istniejących urządzeń	20 000
Suma		531 200*

* koszty szacunkowe mogą być inne w zależności od różnych czynników np. rodzaju gleby, regionu, wykonawcy itp.

Analiza inwestycji II: Odtworzenie stawu w Góralach

Inwestycja koncentruje się na przywróceniu równowagi hydrologicznej i ekologicznej naturalnego stawu, który uległ degradacji. Zakłada oczyszczenie i pogłębienie misy (retencja ok. 10–15 tys. wody) oraz budowę progu/zastawki piętrzącej.

1. Koszty (CAPEX i OPEX) - C_t

Tab. 6.3.6. Koszty CAPEX i OPEX

Pozycja	Wartość (PLN)	Szczegóły
CAPEX	511 200	Suma pozycji 1-6. Dominuje oczyszczenie misy zbiornika z namulów i roślinności (450 000 PLN).
OPEX	20 000 / rok	Prace remontowe, utrzymanie i konserwacja istniejących urządzeń.

2. Roczne korzyści B_t

Przyjęto identyczne, ostrożne założenia monetarne co w inwestycji I, ze względu na podobny zakres korzyści środowiskowych i rolniczych (poprawa retencji, zmniejszenie strat powodziowych): 41 000 PLN/rok.

Tab. 6.3.7. Rodzaje korzyści B_t

Rodzaj korzyści	Obliczenie i założenie	Wartość (PLN)
Rolnicze (przyrost plonów)	30 ha* 4 000 PLN/ha*5%	6 000
Uniknięte straty powodziowe	Normalizacja (200 000 PLN / 10 lat)	20 000
Usługi ekosystemowe	Poprawa jakości wody, bioróżnorodność, krajobraz	15 000
Suma		41 000 PLN/rok

3. Czas zwrotu inwestycji (Payback Period)

$$\text{Prosty Okres Zwrotu} = \frac{\text{CAPEX}}{\text{Roczne Korzyści Netto}} = \frac{\text{CAPEX}}{B_t - \text{OPEX}}$$

Roczne korzyści netto = 41 000 PLN/rok – 20 000 PLN/rok = 21 000 PLN/rok

$$\text{Prosty okres zwrotu} = \frac{511\,200 \text{ PLN}}{21\,000 \text{ PLN/rok}} \approx 24,34 \text{ roku}$$

Długi okres zwrotu – ponad 24 lata, zbliżony do horyzontu analizy.

4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej (CBA)

Tab. 6.3.8. Wartości wskaźników efektywności ekonomicznej CBA

Wskaźnik	Wartość (SDR): $r = 5,26\%$	Komentarz
PV kosztów	808 000 PLN	Bieżąca wartość $B_t = \text{CAPEX} + \sum_{t=1}^{30} \frac{\text{OPEX}}{(1+0,0526)^t}$
PV korzyści	607 000 PLN	Bieżąca wartość $C_t = \sum_{t=1}^{30} \frac{B_t}{(1+0,0526)^t}$
NPV	-201 000 PLN	NPV < 0 Projekt nie jest efektywny ekonomicznie przy obecnej monetaryzacji korzyści
B/C Ratio	0,75	B/C < 1 Korzyści nie pokrywają zdyskontowanych kosztów
IRR	2,6%	IRR < 5,26% SDR Inwestycja nie jest efektywna ekonomicznie

Wnioski i rekomendacje

Inwestycja I (Górzno) jest efektywna ekonomicznie. Niska wartość B/C (1,19) wskazuje na umiarkowaną, ale pozytywną rentowność społeczną. Projekt jest uzasadniony i powinien być wspierany środkami publicznymi. Inwestycja II (Górale) nie jest efektywna ekonomicznie przy obecnych założeniach, ponieważ zdyskontowane koszty znacząco przewyższają zdyskontowane korzyści. Powodem jest bardzo wysoki CAPEX, który wynika głównie z kosztów oczyszczenia misy zbiornika.

Inwestycja I (Górzno) powinna być traktowana jako priorytet. Inwestycja II (Górale) wymaga ponownej oceny kosztorysu, zwłaszcza pozycji oczyszczania misy. Jeśli koszt ten nie może być zredukowany, realizacja projektu powinna być warunkowana uzyskaniem wysokiego dofinansowania zewnętrznego (np. z programów publicznych) na poziomie pokrywającym różnicę między PV kosztów a PV korzyści, aby projekt stał się neutralny lub pozytywny dla budżetu. Zgodnie z ogólną metodologią, chociaż projekty wodno-melioracyjne powinny być finansowane ze środków publicznych ze względu na korzyści społeczne, Inwestycja II w obecnej formie przekracza ekonomiczny próg opłacalności w metodzie CBA.

Tab. 6.3.9. Ocena opłacalności ekonomicznej – zestawienie dwóch inwestycji

Wskaźnik	Inwestycja I (Górzno)	Inwestycja II (Górale)	Komentarz
CAPEX (PLN)	215 000 PLN	511 000 PLN	Inwestycja II jest ponad dwukrotnie droższa
NPV (SDR): $r = 5,26\%$	95 200 PLN	-201 000 PLN	Inwestycja I generuje wartość dodaną; inwestycja II generuje stratę (przy obecnych założeniach).
B/C Ratio	1,19	0,75	Inwestycja I w przeciwieństwie do II jest efektywna.
IRR	7,3%	2,6%	IRR w II jest niższe niż koszt kapitału.
Prosty okres zwrotu (PP)	10,24 roku	24,34 roku	Odzyskanie kapitału w inwestycji II zajmuje prawie cały horyzont analizy.

Należy podkreślić, iż obie inwestycje spowodują wzrost korzyści społeczno-ekonomicznych poprzez:

1. Poprawę warunków rolniczych:

- polepszenie zdolności produkcyjnej gleby (+5-15%). Zbiorniki wpływają pozytywnie na okoliczne gleby i rolnictwo w obszarze oddziaływania ~30 ha upraw (retencja lokalna, podwyższenie poziomu wód gruntowych w sezonie wegetacyjnym),
- wartość średniego przychodu rolniczego na 1 ha: 4 000 PLN/rok (przyjęto dla gospodarstw mieszanych),
- przyrost plonów/zmniejszenie strat z powodu suszy: +5%,

- zwiększenie wartości gruntów: grunty z dobrze utrzymanymi urządzeniami melioracyjnymi stają się bardziej atrakcyjne dla rolników i inwestorów, co prowadzi do wzrostu ich wartości rynkowej

2. Zmniejszenie strat powodziowych:

- systemy odprowadzania i retencjonowania wody minimalizują ryzyko klęsk żywiołowych, takich jak powódzie i długotrwałe susze, chroniąc tym samym mienie, infrastrukturę i uprawy przed kosztownymi zniszczeniami np. uniknięcie strat powodziowych: oceniamy jedną mniejszą szkodę co ~10 lat rzędu 200 000 PLN (rocznie znormalizowane 20 000 PLN).

3. Poprawa jakości środowiska związana jest głównie z ochroną zasobów wodnych poprzez:

- gromadzenie wody (retencja): budowa zbiorników retencyjnych i poprawa zdolności retencyjnej terenów (np. mokradeł) jest kluczowa w obliczu zmian klimatu. Zgromadzona woda może być wykorzystywana w okresach niedoboru, co jest ważne dla rolnictwa, przemysłu i zaopatrzenia ludności.
- zwiększenie bioróżnorodności, głównie dzięki odbudowie siedlisk: projekty rekultywacyjne i melioracyjne mogą być realizowane w sposób, który przywraca utracone siedliska, sprzyjając bioróżnorodności i tworząc lepsze warunki dla dzikiej fauny i flory np. wartość usług ekosystemowych (poprawa jakości wody, bioróżnorodność, walory krajobrazowe): 15 000 PLN/rok.

W powiecie brodnickim dalsze działania strategicznego rozwoju oraz działania inwestycyjne powinny dotyczyć głównie prac związanych z powiększaniem retencji wód opadowych poprzez:

- modernizację urządzeń melioracyjnych na terenie powiatu dla poprawy ich funkcjonowania i zwiększenia możliwości retencyjnych,
- - budowę nowych urządzeń dla zwiększenia retencji,
- - odbudowę zastawek i zbiorników wodnych,
- - budowę zbiorników retencyjnych,
- - rozbudowę sieci wodociągowej,
- - budowę kanalizacji deszczowej,
- - inwestycje „mostowe” na ciekach wodnych.

Analiza dwóch priorytetowych inwestycji wodno-melioracyjnych dowiodła, iż pierwsza z nich jest inwestycją efektywną ekonomicznie i uzasadnione jest jej poniesienie

ze środków publicznych. Z dużym prawdopodobieństwem można zakładać, że kolejne inwestycje o podobnym charakterze, które są na liście LPW powiatu brodnickiego mogą mieć uzasadnienie ekonomiczne do ich przeprowadzenia.

Trzeba zaznaczyć, iż przeprowadzone analizy ekonomiczne bazują na wstępnych założeniach prac inwestycyjnych i kosztach. W kolejnym kroku rekomenduje się przeprowadzenie tych samych analiz ekonomicznych bazujących na kosztach inwestycyjnych określonych na podstawie projektu technicznego inwestycji.

Aktualnie przedstawiona analiza ekonomiczna dwóch inwestycji w powiecie brodnickim powinna stanowić pomoc w podjęciu decyzji o ich wykonaniu bądź nie.

6.4. Wytypowanie wariantu rekomendowanego do dalszego wdrożenia.

Poniżej przedstawiono założenia inwestycyjne dla dwóch rekomendowanych przez Lokalne Partnerstwa Wodne inwestycji do realizacji w powiecie brodnickim.

6.4.1. Modernizacja zbiornika retencyjnego w m. Górzno

6.4.1.1. Wprowadzenie i cel działań

Celem opracowania jest przygotowanie ekspertyzy hydrologicznej wraz z koncepcją techniczną odbudowy istniejącego zbiornika retencyjnego w miejscowości Górzno, mającą na celu:

- zwiększenie retencji wód opadowych i roztopowych w zlewni miejskiej,
- ograniczenie lokalnych podtopień w rejonie ulic Polnej, Matejki i 11 Listopada,
- poprawę bezpieczeństwa przeciwpowodziowego i funkcjonowania sieci kanalizacji deszczowej,
- odbudowę funkcji ekologicznej i krajobrazowej zbiornika, poprzez renaturyzację brzegów, zwiększenie udziału naturalnych stref buforowych, odtworzenie lokalnych siedlisk wodno-błotnych oraz poprawę jakości środowiska przyrodniczego w centrum miejscowości;
- zwiększenie różnorodności biologicznej i pojemności czynnej retencji, m.in. poprzez stworzenie warunków sprzyjających zasiedlaniu zbiornika przez gatunki związane ze środowiskiem wodnym, rozwój roślinności hydro- i higrofilnej, a także ograniczenie negatywnego wpływu erozji, spływu zanieczyszczeń i nagłych zmian poziomu wód.

Ekspertyza stanowi materiał wyjściowy dla opracowania dokumentacji projektowej oraz wniosku o finansowanie inwestycji z programów wspierających małą retencję i adaptację do zmian klimatu.

6.4.1.2. Charakterystyka lokalizacji i uwarunkowania hydrologiczne

Inwestycja zlokalizowana jest w miejscowości Górzno, powiecie brodnickim, na terenach miasta, pomiędzy ulicami Polną i Matejki i 11 listopada. Istniejący zbiornik, położony na działce ewid. nr 86/2, obręb Górzno Miasto 1, ma charakter sztuczny i został pierwotnie utworzony jako zbiornik przeciwpożarowy o orientacyjnych wymiarach 15 × 30 m i pojemności ok. 450–500 m³. Zbiornik zasilany jest spływem wód powierzchniowych z terenów zabudowanych, a jego zlewnia o powierzchni 0,27 km² obejmuje centralną część miasta. Wody ze zbiornika są odprowadzane do Jeziora Górzyńskiego poprzez system rurociągów (Ø 300 mm i Ø 500 mm) oraz rów melioracyjny.

W obecnym stanie technicznym zbiornik nie zapewnia odpowiedniej pojemności retencyjnej, co powoduje podtopienia terenów przyległych – zwłaszcza podczas intensywnych opadów (ul. Polna i Matejki).



Fot. 6.4.1.1. Widok na zbiornik od strony Targowiska w kierunku północno-wschodnim.



Fot. 6.4.1.2. Widok na zbiornik od strony ul. Matejki.



Fot. 6.4.1.3. Zły stan techniczny zbiornika. Uszkodzone umocnienie brzegowe wzdłuż ul. Matejki.



Fot. 6.4.1.4. Widok zbiornika wodnego z miejscowo występującą roślinnością wodną o liściach pływających, głównie grzybieniami.



Fot. 6.4.1.5. Wloty wód ze zbiornika za pomocą do dwóch rurociągów kd300 mm i kd500 mm prowadzących wodę do rowu i jeziora - widok w kierunku ul. 11 Listopada.



Fot. 6.4.1.6. Zbiornik zamulony w wschodniej części na około 20 cm, głębokość podczas wizyty terenowej 30.10.2025 r. wynosiła 55 cm. Połączony z rowem prowadzącym dopływ do Jeziora Górzyńskiego.

6.4.1.3. Analiza hydrologiczna i warunki odpływu

Zlewnia o powierzchni 0,27 km² przy opadach o różnej intensywności generuje dopływ:

- 5 000 m³ – dla opadu 20 mm,
- 11 000 m³ – dla opadu 87 mm.

Przy pojemności zbiornika ok. 500 m³ dochodzi do gwałtownego spiętrzenia i podtopień. Symulacje hydrauliczne (na podstawie NMT) wskazują, że przy opadzie 20 mm/30 min poziom wody wzrasta o ponad 1,2 m, zalewając częściowo jezdnię ul. Matejki. W okresach suszy natomiast poziom wody obniża się, a zbiornik ulega zamuleniu.

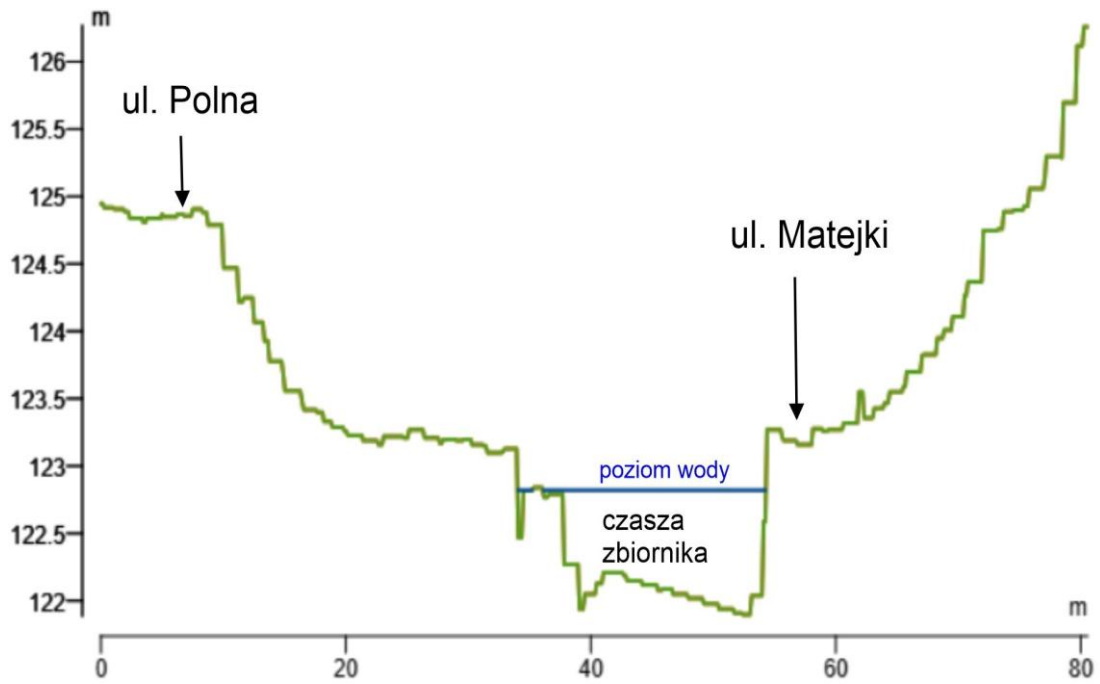
Zbiornik wschodni jest płytki (głęb. ok. 0,55 m), miejscami zamulony do 20 cm. Stwierdzono obecność roślinności wodnej (grzybienie) oraz uszkodzenia umocnień brzegowych.



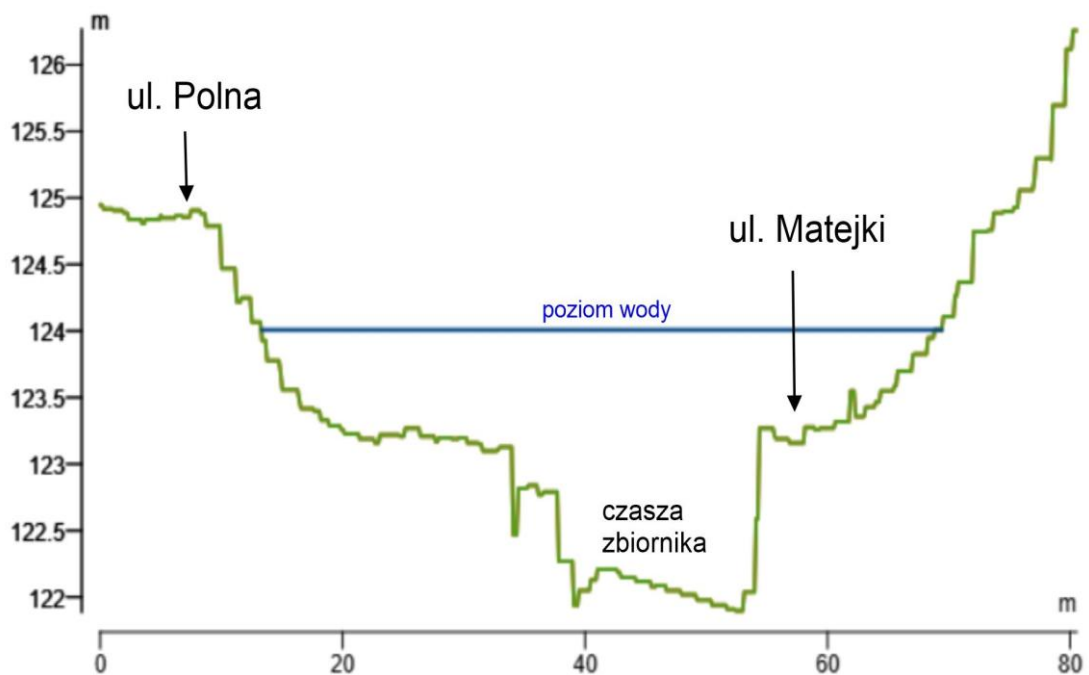
Ryc. 6.4.1.1. Zlewnia opadowa o powierzchni 0,27 km² ciężąca na zbiornik.



Ryc. 6.4.1.2. Numeryczny model terenu wraz z zasięgiem podtopień w sytuacji przy opadzie 20 mm



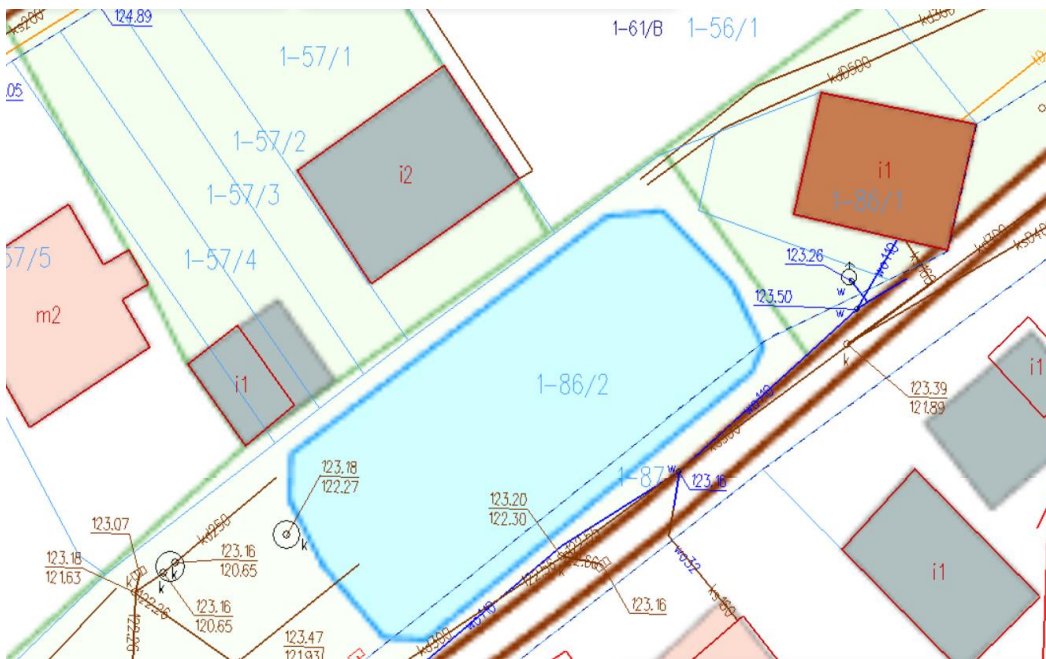
Ryc. 6.4.1.3. Profil poprzeczny przez zbiornik i jego otoczenie w warunkach braku opadów - stan istniejący.



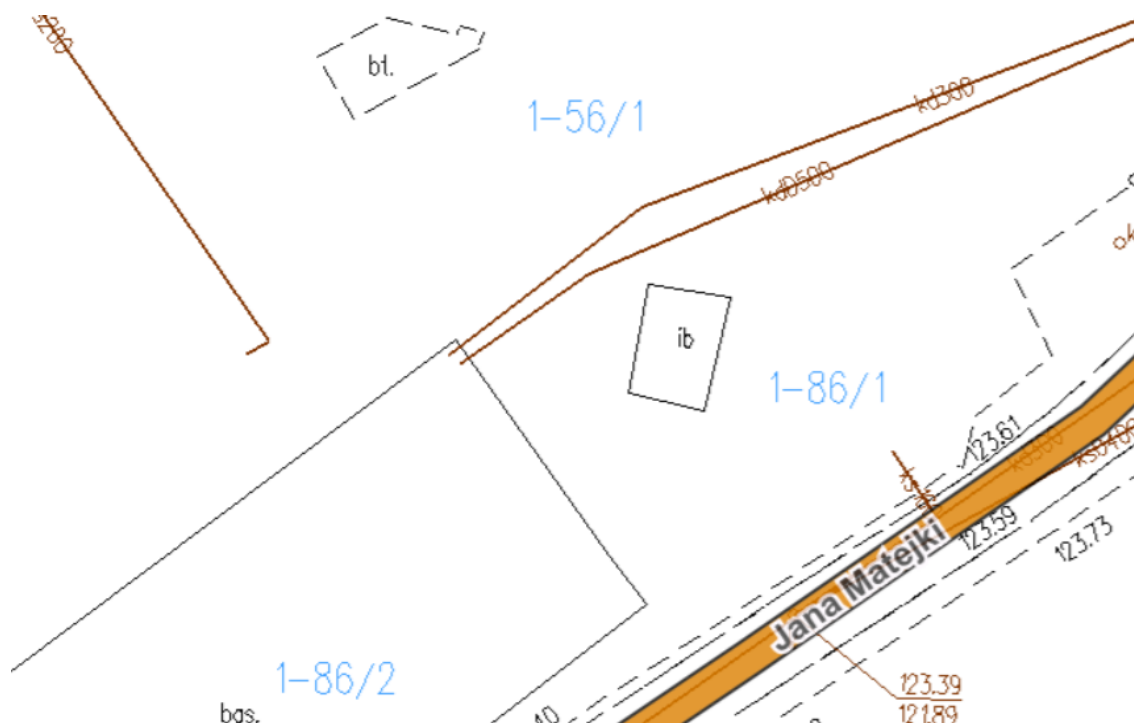
Ryc. 6.4.1.4. Profil poprzeczny przez zbiornik i jego otoczenie w warunkach opadów 20 mm przez 30 min - stan istniejący. Poziom wody wzrasta o przeszło 120 cm i podtopia ul. Matejki.

6.4.1.4. Uwarunkowania geotechniczne i infrastrukturalne

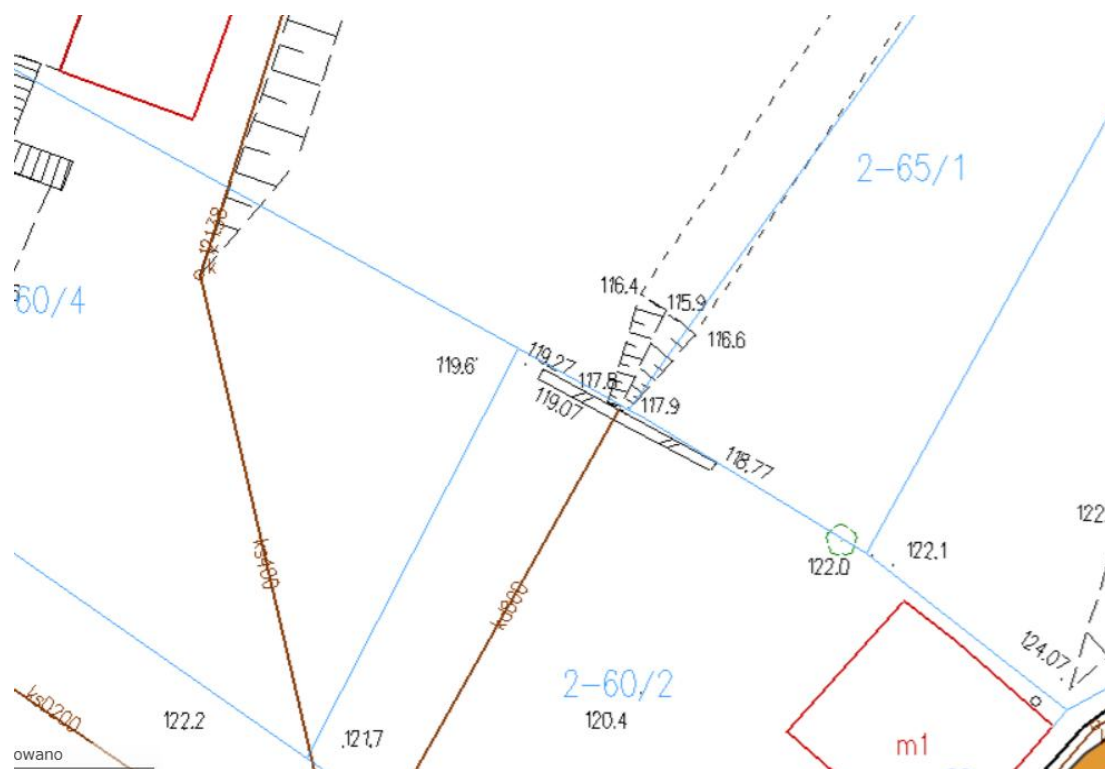
Zgodnie z mapą zasadniczą teren w rejonie zbiornika uzbrojony jest w sieć kanalizacji deszczowej, sanitarnej i wodociągowej, przy czym część wylotów do zbiornika nie posiada formalnego zalegalizowania. Rurociągi odprowadzające wodę do rowu i jeziora mają średnice 300 mm i 500 mm, co ogranicza przepustowość układu i sprzyja kumulacji wód opadowych w czaszy zbiornika. Podłoże stanowią piaski i pyły o dobrych właściwościach filtracyjnych. Teren jest lekko nachylony w kierunku północno-wschodnim.



Ryc. 6.4.1.5. Uzbrojenie terenu, sieć kanalizacji deszczowej w otoczeniu zbiornika. Brak zalegalizowania wielu wylotów wód opadowych.



Ryc. 6.4.1.6. Rurociągi 300 mm i 500 mm na wylocie ze zbiornika.

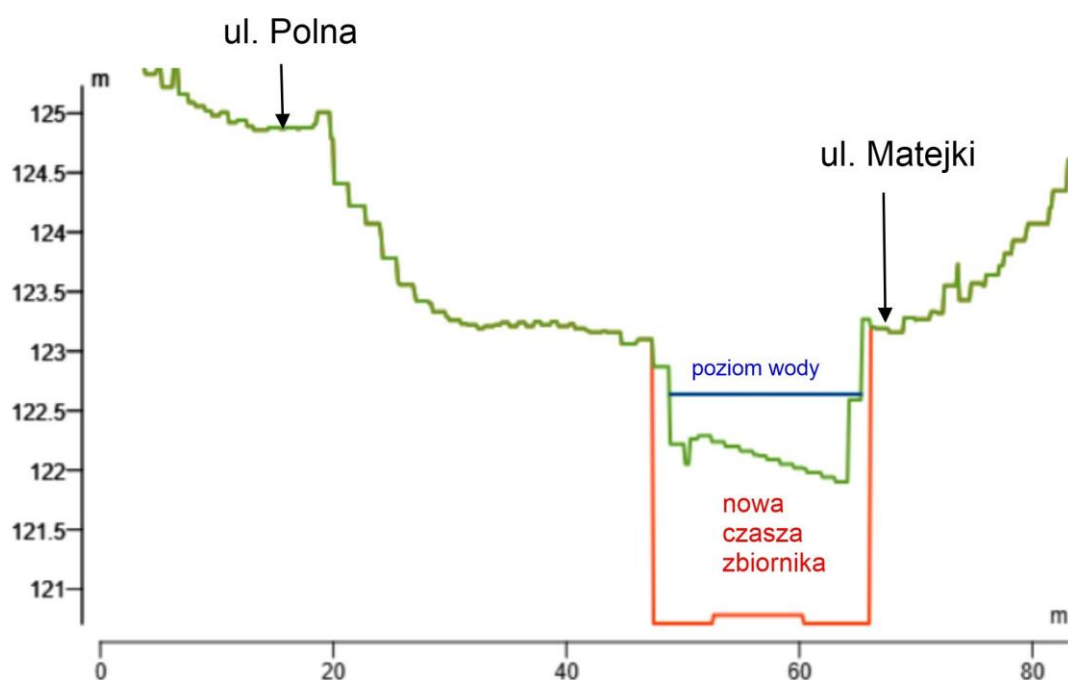


Ryc. 6.4.1.7. Fragment mapy zasadniczej z uzbrojeniem terenu dla odcinka wylotu wód z rurociągu 800 m do rowu otwartego.

6.4.1.5. Koncepcja modernizacji i odbudowy zbiornika

Założenia techniczno-hydrauliczne. Proponuje się:

1. Odbudowę i pogłębienie istniejącego zbiornika do rzędnej 121,0 m n.p.m., zwiększając pojemność z ok. 500 m³ do ok. 1500 m³.
2. Zwiększenie przepustowości odpływu – wymiana rurociągu wylotowego na Ø 1500 mm, umożliwiającego szybkie odprowadzenie nadmiaru wody przy opadach nawalnych.
3. Wzmocnienie i rekultywację skarp przy użyciu geokrat i nasadzeń hydrofitowych (pałka, kosańce, turzyce).
4. Budowę nowego zbiornika retencyjnego w rejonie ul. Matejki o pojemności ok. 3000 m³ (wymiary 40 × 25 m, głęb. 3 m, dno na rzędnej 117,3 m n.p.m.) – alternatywnie zbiornik podziemny z retencją techniczną, jeśli warunki przestrzenne uniemożliwiają utworzenie otwartego obiektu.
5. Przebudowę systemu dopływów i wlotów kanalizacji deszczowej wraz z legalizacją istniejących wylotów.



Ryc. 6.4.1.8. Przekrój poprzeczny przez odbudowany zbiornik i jego otoczenie przy opadzie 20 mm przez 30 min.



Ryc. 6.4.1.9. Nowy projekt zagospodarowania terenu. Możliwość zlikwidowania podtopień.



Ryc. 6.4.1.10. Sytuacja podtopień terenu przed (lewy rysunek) i po przeprowadzeniu prac hydrotechnicznych przy opadzie 20 mm przez 30 min.

6.4.1.6. Efekty hydrologiczne i środowiskowe

- Zwiększenie retencji czynnej w zlewni miejskiej o $\approx 4000 \text{ m}^3$, co przełoży się na spowolnienie odpływu, łagodzenie fal wezbraniowych oraz poprawę bilansu wodnego w warunkach nasilających się zjawisk ekstremalnych wynikających ze zmian klimatu.

- Eliminacja podtopień w rejonie ul. Matejki, Polnej i 11 Listopada poprzez rozłożenie w czasie odpływu, zmniejszenie obciążenia sieci kanalizacji deszczowej oraz zwiększenie pojemności buforowych zbiorników.
- Zwiększenie infiltracji i zasilania wód gruntowych, dzięki zastosowaniu biologicznie czynnych stref litoralu, roślinności hydrofitowej oraz naturalizacji brzegów, co sprzyja odtwarzaniu lokalnych obiegów wody i redukcji spływu powierzchniowego.
- Poprawa mikroklimatu w centrum Górzna (efekt chłodzenia i parowania), wynikająca z obecności otwartego lustra wody, roślinności wodno-błotnej oraz zwiększonej wilgotności w strefie zbiornika. Rozwiązanie to wspiera adaptację miasta do zjawiska miejskiej wyspy ciepła.
- Wzrost atrakcyjności krajobrazowej oraz rozwój funkcji przyrodniczo-edukacyjnych, m.in. poprzez możliwość poprowadzenia ścieżki retencyjnej, realizację działań edukacji ekologicznej, monitoring opadów i poziomów wód, a także obserwację procesów ekohydrologicznych i naturalnych siedlisk wodnych.
- Zwiększenie bioróżnorodności lokalnej, dzięki tworzeniu siedlisk dla płazów, owadów wodnych, ptaków oraz roślinności litoralu, co pozytywnie wpływa na stabilność i odporność ekosystemu miejskiego.

6.4.1.7. Wnioski

- Zbiornik w Górznie wymaga natychmiastowej modernizacji w zakresie zwiększenia pojemności, odbudowy skarp i przebudowy odpływu.
- Konieczne jest zwiększenie średnicy rurociągu odpływowego do \varnothing 1500 mm i usprawnienie odprowadzenia wód do rowu i Jeziora Górzyńskiego.
- Wskazane jest utworzenie drugiego, buforowego zbiornika retencyjnego w górnej części zlewni (ul. Matejki), co pozwoli rozłożyć odpływ w czasie i zredukować kulminacje przepływów.
- Zaleca się zastosowanie rozwiązań opartych na przyrodzie (Nature-Based Solutions, NbS), takich jak roślinność hydrofitowa, naturalne umocnienia skarp, strefy filtracyjne oraz odtworzenie strefy litoralu, co pozwoli zwiększyć zdolność samooczyszczania zbiornika, poprawić jego bioróżnorodność oraz wzmocnić odporność ekosystemu na skutki zmian klimatu.

- Projekt powinien zostać włączony do lokalnych programów adaptacji do zmian klimatu oraz do systemu retencji miejskiej w ramach planów zagospodarowania przestrzennego.

6.4.1.8. Rekomendacje

1. Rekomenduje się wykonanie szczegółowej dokumentacji technicznej obejmującej:

- plan sytuacyjno-wysokościowy z lokalizacją urządzeń, w tym profil podłużny rurociągu i zbiornika,
- KIP
- pozwolenia na budowę i warunki zabudowy
- kosztorys inwestorski.

2. Planowane działania wpisują się ramy finansowe: przyszłego konkursu Urzędu Marszałkowskiego, działanie FEKP.02.09 MAŁA RETENCJA I ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU W REGIONIE

6.4.2. Odtworzenie pierwotnego poziomu wody naturalnego stawu w m. Górale

6.4.2.1. Wprowadzenie i cel działań

Celem niniejszej ekspertyzy jest opracowanie koncepcji hydrologiczno-przyrodniczej odtworzenia pierwotnego poziomu wody naturalnego stawu zlokalizowanego w miejscowości Górale, w gminie Górzno, w powiecie brodnickim. Projekt koncentruje się na przywróceniu równowagi hydrologicznej i ekologicznej zbiornika, który w wyniku wieloletnich zmian użytkowania terenu, obniżenia retencji i zaburzeń odpływu uległ znacznemu wypłyceniu, przesuszeniu oraz degradacji siedlisk wodno-błotnych.

Opracowanie zakłada połączenie działań technicznych z rozwiązaniami opartymi na przyrodzie (Nature-Based Solutions), aby zwiększyć odporność ekosystemu na presję hydrologiczną i klimatyczną oraz przywrócić jego funkcje krajobrazowe, retencyjne i przyrodnicze.

Główne cele przedsięwzięcia:

- ustabilizowanie poziomu wody na rzędnej ok. 96,00 m n.p.m.,
- zwiększenie retencji wodnej w przedziale 9 000–15 000 m³,
- poprawa bioróżnorodności i odporności ekosystemu na zmiany klimatu,

- renaturyzacja siedlisk wodno-błotnych i poprawa walorów krajobrazowych w otoczeniu miejscowości.

Cele projektu są zgodne z Europejską Strategią Bioróżnorodności 2030 i Ramową Dyrektywą Wodną, które promują renaturyzację małych ekosystemów wodnych oraz zwiększanie naturalnej retencji. Projekt wspiera adaptację do zmian klimatu poprzez poprawę retencji i spowolnienie odpływu ze zlewni.

6.4.2.2. Lokalizacja i charakterystyka zbiornika

Zbiornik położony jest na działkach nr 105 i 103/1, obręb Górale, w centralnej części miejscowości. W sąsiedztwie (działka 119/4) znajduje się stacja uzdatniania wody i nowa studnia głębinowa, a w odległości kilkudziesięciu metrów – mniejszy, czynny zbiornik wodny (działka 2/6).

Zbiornik zajmuje powierzchnię ok. 7 500 m², jednak obecnie jego czasza jest silnie zarośnięta trzcina i krzewami, a zwierciadło wody pojawia się jedynie okresowo po intensywnych opadach.

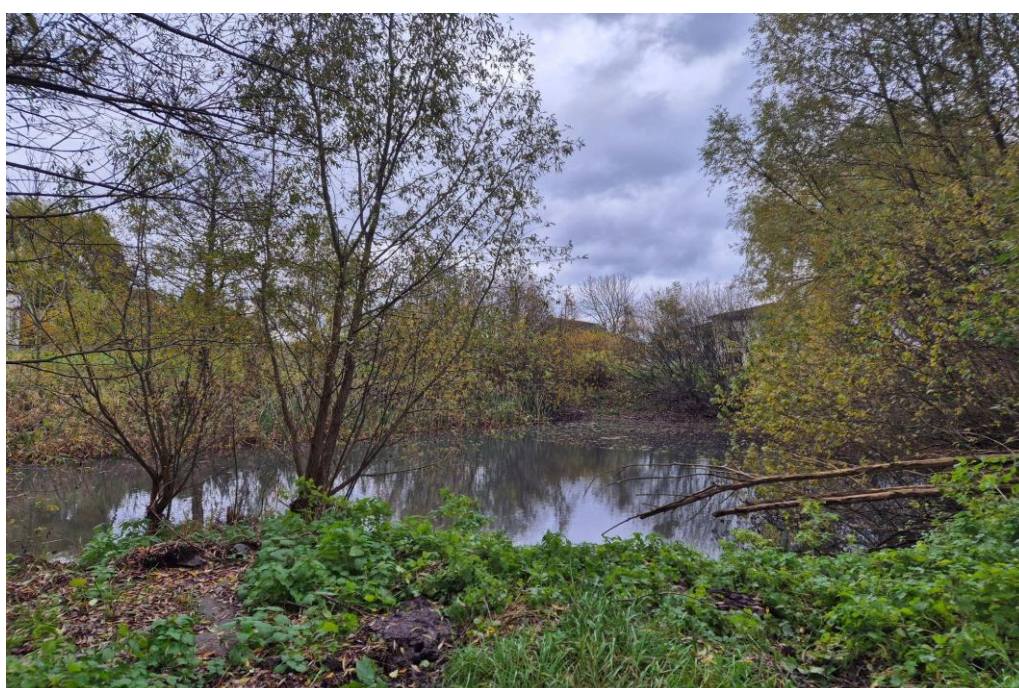
Zlewnia bezpośrednia ma charakter bezodpływowy, co ogranicza naturalne zasilanie wodami powierzchniowymi.



Ryc. 6.4.2.1. Czasza zbiornika na dz. 105 i 103/1, obręb Górale. Czasza silnie zarośnięta, okresowo nieznacznie napełniania się wodą opadową. Na północny wschód - południowy kraniec działki 2/6 znajduje się mniejszy zbiornik wypełniony wodą.



Fot. 6.4.2.2. Misa zbiornika porośnięta zwartymi płatami trzciny (po lewej stronie) oraz roślinnością krzewiastą. (po prawej stronie)



Fot. 6.4.2.3. Mniejszy zbiornik funkcjonujący na sąsiedniej działce 2/6.



Fot. 6.4.2.4. Woda do zbiornika sływa bezpośrednio z drogi. Po drugiej stronie drogi (działka 119/4) znajduje się stacja uzdatniania wody, trwa budowa nowej studni.

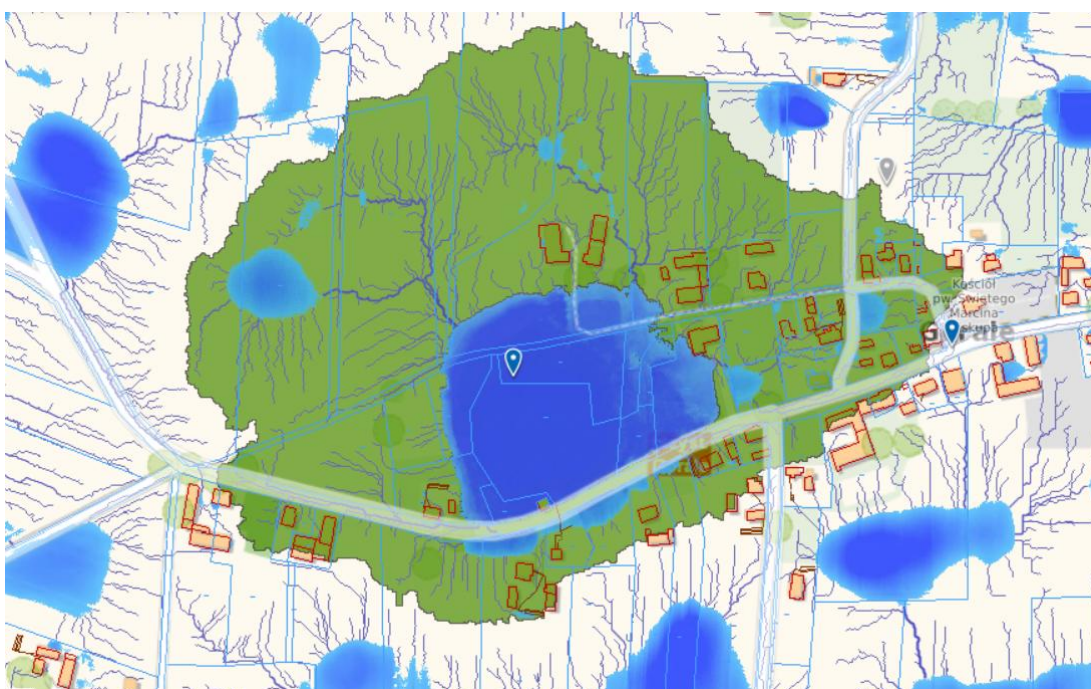
6.4.2.3. Uwarunkowania hydrologiczne

Zlewnia opadowa bezodpływowa ciągnąca na profil zbiornika ma powierzchnię ok. 0,19 km² i może dostarczyć do 3000 m³ wody przy opadzie 20 mm przez 230 min. Pod względem użytkowania terenu dominującą część stanowią tereny rolnicze oraz zabudowa zagrodowa. Wody z dróg lokalnych (zwłaszcza od strony południowej) sływają bezpośrednio do misy stawu, jednak brak systemu dopływu z innych części zlewni ogranicza jego stabilne zasilanie.

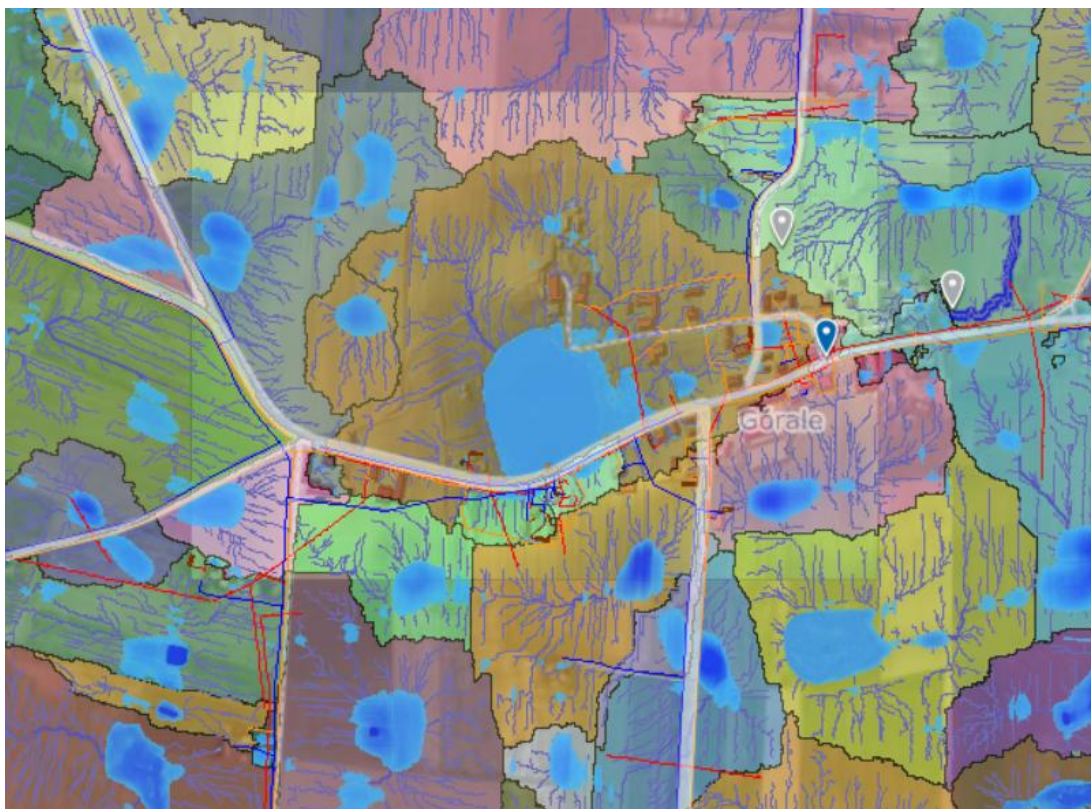
W obecnym stanie hydrologicznym zbiornik nie pełni funkcji retencyjnej ani ekologicznej — poziom wody utrzymuje się nisko, co powoduje zanik siedlisk wodnych oraz narażenie fauny (np. płazów) na drapieżnictwo i przesuszenie.



Ryc. 6.4.2.1. Zbiornik na działkach 105 i 103/1, obręb Górale.



Ryc. 6.4.2.2. Zlewni zbiornika o powierzchni 0,19 km², przy opadzie 20 mm.



Ryc. 6.4.2.3. Zlewnie w obrębie przeznaczonego do odbudowy zbiornia.

6.4.2.4. Uwarunkowania geologiczne i środowiskowe

Według regionalnych danych geologicznych obszar stawu położony jest w obrębie osadów o genezie glacialnej. Podłoże ma umiarkowaną przepuszczalność, co umożliwi lokalne utrzymanie zwierciadła wody przy niewielkim piętreniu.

Strefa brzegowa porośnięta jest zwartym pasem trzcinowisk i krzewów wierzb, co ogranicza parowanie, ale utrudnia wymianę wód i dopływ powierzchniowy. W sąsiedztwie występują użytki rolne i łąki wilgotne, które mogą zostać włączone w układ małej retencji.

6.4.2.5. Koncepcja hydrologiczno-techniczna

Założenia projektowe:

- Rzędna docelowego poziomu wody: 96,00 m n.p.m.
- Pojemność czynna zbiornika: 9 000–15 000 m³ (w zależności od zakresu robót bagrowniczych)
- Powierzchnia lustra wody: ok. 7 500 m²
- Średnia głębokość: 1,2–2,0 m

Zakres proponowanych działań:

1. Oczyszczenie misy zbiornika z roślinności trzcinowej i namulów, przy jednoczesnym zachowaniu części naturalnych siedlisk dla awifauny i płazów, tak aby nie zaburzyć lokalnej bioróżnorodności.
2. Pogłębienie misy do poziomu umożliwiającego retencjonowanie ok. 10–15 tys. m³ wody.
3. Uformowanie łagodnych skarp (1:4–1:6) w celu poprawy bezpieczeństwa, zwiększenia dostępności biologicznej oraz sprzyjania naturalizacji brzegów i rozwoju roślinności strefy litoralu.
4. Skierowanie wód z sąsiednich zlewni (np. z dróg i terenów rolnych) do zbiornika poprzez wykonanie niewielkich rowów doprowadzających i przepustu pod drogą.
5. Budowa progu lub zastawki piętrzącej z możliwością regulacji poziomu wody i odpływu.
6. Zalesienie i nasadzenia w strefie buforowej w celu zwiększenia filtracji biogenicznej, redukcji spływu powierzchniowego oraz wzmocnienia retencji biogenicznej i walorów przyrodniczych otoczenia.

6.4.2.6. Efekty hydrologiczne i środowiskowe

Efekty hydrologiczne:

- Zwiększenie lokalnej retencji o 9–15 tys. m³,
- Stabilizacja poziomu wody gruntowej w sąsiednich łąkach i gruntach ornych,
- Zwiększenie odporności zlewni na susze i intensywne opady,
- Zmniejszenie odpływu powierzchniowego i ryzyka erozji.

Efekty środowiskowe i krajobrazowe:

- Odtworzenie siedlisk wodnych, szuwarowych i mokradłowych, które pełnią kluczową rolę w retencji biogenicznej, filtracji wód i naturalnych procesach samooczyszczania.
- Poprawa warunków dla płazów, ptaków wodnych i owadów, dzięki stworzeniu zróżnicowanych mikrohabitatów w strefie litoralu i przybrzeżnych zakrzaczeniach.
- Zwiększenie różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym, poprzez przywrócenie elementów środowiska naturalnego, które wspierają ciągłość ekologiczną i funkcjonowanie lokalnych korytarzy przyrodniczych.

- Wzmocnienie procesów ekohydrologicznych, takich jak retencja krajobrazowa, infiltracja, stabilizacja poziomu wód gruntowych oraz naturalne spowolnienie odpływu zlewni.
- Wzrost walorów rekreacyjnych, edukacyjnych i krajobrazowych miejscowości Górale, w tym możliwość prowadzenia działań edukacji ekologicznej i monitoringu przyrodniczego.
- Zwiększenie odporności ekosystemu na skutki zmian klimatu, poprzez ograniczenie skutków suszy, łagodzenie ekstremów hydrologicznych oraz poprawę funkcji regulacyjnych ekosystemu wodno-błotnego.

6.4.2.7. Wnioski i rekomendacje

1. Dokonać uzgodnień zakresu inwestycji w PGW Wody Polskie Zarządzie Zlewni w Toruniu, w tym potwierdzić interpretację w zakresie wymagań wynikających z ustawy Prawo Wodne
2. Rekomenduje się wykonanie dokumentacji:
 - a. plan sytuacyjno-wysokościowy z lokalizacją urządzeń,
 - b. KIP,
 - c. pozwolenia na budowę i warunki zabudowy,
 - d. projekt biologicznego umocnienia brzegów oraz koncepcję zatok biocenotycznych.
3. Staw w miejscowości Górale ma duży potencjał renaturyzacyjny i może pełnić kluczową rolę w systemie lokalnej retencji krajobrazowej.
4. Ustabilizowanie poziomu wody na rzędnej 96,00 m n.p.m. i odbudowa pojemności 9–15 tys. m³ zapewni trwałé zasilanie siedlisk wodnych.
5. Działania renaturyzacyjne powinny być prowadzone z poszanowaniem istniejącej roślinności oraz z wykorzystaniem metod inżynierii ekologicznej i rozwiązań opartych na przyrodzie (Nature-Based Solutions), wspierających bioróżnorodność i stabilność ekosystemu.
6. Po zakończeniu prac konieczne jest wdrożenie monitoringu hydrologicznego i przyrodniczego, obejmującego poziom wody, dynamikę roślinności, liczebność płazów i jakość siedlisk, aby ocenić efektywność renaturyzacji i umożliwić ewentualną korektę działań.
7. Planowane działania wpisują się ramy finansowe:

- przyszłego konkursu Urzędu Marszałkowskiego, działanie FEKP.02.09
MAŁA RETENCJA I ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU W
REGIONIE

7. Harmonogram wdrażania i ramy organizacyjne.

7.1. Etapowanie prac (krótko-, średnio- i długoterminowe działania).

Inwestycje związane z małą retencją i gospodarowaniem wodami na poziomie powiatu są złożone pod względem środowiskowym, technicznym, finansowym i społecznym. Efekty retencyjne, takie jak magazynowanie wód opadowych, poprawa stosunków wodno-glebowych czy zwiększenie poziomu wód gruntowych, ujawniają się w różnym czasie i są zależne od charakteru obiektów wodnych, warunków glebowych oraz sposobu użytkowania gruntów.

Wdrażanie działań retencyjnych etapami pozwala:

- stopniowo zwiększać retencję lokalną i regionalną,
- minimalizować ryzyko finansowe i organizacyjne,
- weryfikować efekty pilotażowe przed realizacją inwestycji większych i bardziej kosztownych,
- angażować lokalne społeczności,
- zsynchronizować inwestycje z cyklem finansowania JST, środkami krajowymi i unijnymi.

Podjęcie etapowe do wdrażania działań i rozwiązań retencji wodnej na określonym obszarze stanowi punkt wyjścia – podstawę, do podejmowania decyzji kształtujących stan zasobów wodnych i reguły zarządzania nimi w przyszłości. Takie podejście jest zgodne, zarówno z krajowymi dokumentami strategicznymi, m.in. Plany Gospodarowania Wodami (PGW), Plany Zarządzania Ryzykiem Powodziowym, Program Rozwoju Obszarów Wiejskich, jak i europejskimi wytycznymi (Water Framework Directive, EU Biodiversity Strategy, EU Climate Adaptation Strategy).

Działania inwestycyjne w systemie małej retencji powiatu można podzielić na trzy horyzonty czasowe: krótko-, średnio- i długoterminowe. Podział ten opiera się na kryteriach: a) środowiskowo-hydrologicznych (czas osiągnięcia efektów), technicznych (poziom złożoności inwestycji), finansowych (dostępność funduszy), społecznych (stan

akceptacji działań przez rolników i mieszkańców, otwartość na tworzenie partnerstw, trwałość współpracy różnych podmiotów).

Działania krótkoterminowe, obejmujące okres 1–2 lata, charakteryzują się szybkim wdrożeniem, niskim kosztem inwestycji i minimalnymi wymaganiami formalnymi. Obejmują:

- a) działania agrotechniczne na polach uprawnych;
- b) utrzymanie i odtworzenie istniejących rowów odwadniających z funkcją spowalniania odpływu;
- c) budowa zastawek, progów piętrzących;
- d) budowa małych zbiorników wodnych i odtwarzanie małych oczek wodnych;
- e) zagospodarowanie wód opadowych na terenie gospodarstwa (np. studnie chłonne, systemy rozsączające);
- f) działania społeczne i edukacyjne dla mieszkańców i rolników w zakresie praktyk retencyjnych.

Działania krótkookresowe przynoszą najczęściej efekty w postaci szybkiego zwiększenie retencji lokalnej, zdobycia danych do dalszego planowania inwestycji i wzrost akceptacji społecznej.

Działania średniookresowe, obejmujące okres 3–6 lat, koncentrują się na budowie infrastruktury retencyjnej o większej skali oraz renaturyzacji cieków i terenów wodnych. Działania obejmują:

- a) inwestycje techniczne, w tym m.in. budowa zbiorników retencyjnych (200 m³ – kilka tys. m³), modernizacja urządzeń w systemach melioracyjnych – zmiana funkcji odwadniającej na dwukierunkową (odwadniająco-nawadniającą);
- b) renaturyzację i retencję krajobrazową (przywracanie naturalnych korytarzy rzecznych i mokradeł; zadrzewienia śródpolne i wzdłuż cieków, utrzymanie sezonowych podtopień na łąkach);
- c) zarządzanie strategiczne, poprzez tworzenie i rozwijanie LPW opracowanie wieloletnich harmonogramów inwestycyjnych dla gmin i powiatu.

Efekty średniookresowe wpływają na poprawę stabilności wód powierzchniowych i gruntowych, ograniczenie odpływu powierzchniowego, wzrost retencji glebowej i odporności rolnictwa.

Działania długoterminowe, w perspektywie 7–15 lat. Są to przeważnie inwestycje złożone, kosztowne i wymagają wieloletniego planowania, koordynacji

i często zmian w zagospodarowaniu przestrzennym. Wśród działań długookresowych wyróżniamy:

- a) duże programy renaturyzacji cieków i dolin rzecznych;
- b) odtwarzanie kompleksowych systemów mokradeł na obszarach rolnych;
- c) budowa lub przebudowa rozległych systemów małej retencji w lasach i na terenach rolniczych;
- d) odbudowa naturalnych zbiorników polderowych;
- e) duże, zintegrowane programy przeciwdziałania skutkom suszy na poziomie regionu;
- f) zmiana struktury krajobrazu sprzyjająca retencji (np. zadrzewienia śródpolne, pasy wiatrochronne, korekty użytków zielonych).

Realizacja tych zadań zapewnia utrzymanie efektów oraz adaptację do zmian klimatu w długiej perspektywie, obejmując m. in. trwałą poprawę bilansu wodnego w powiecie, na poziomie całych zlewni. Obserwować można zwiększoną odporność rolnictwa na suszę, ochrona ekosystemów i trwałość infrastruktury retencyjnej.

7.2. Propozycje koordynacji między jednostkami samorządowymi, zarządcami wód, rolnikami, leśnikami, społecznościami lokalnymi.

Podczas realizacji inwestycji retencyjnych proces koordynacji działań pomiędzy wszystkimi zaangażowanymi w proces podmiotami powinien przebiegać według ujednoczonego schematu operacyjnego opartego na podziale ról (inicjator, projektant, podmiot finansujący, podmiot utrzymujący) i powinien być dostosowywany inwestycyjnie i lokalnie dla LPW w powiatach.

Prawidłowa koordynacja działań stanowi istotny element skutecznego gospodarowania zasobami wodnymi na poziomie lokalnym i regionalnym. W literaturze przedmiotu oraz krajowych i unijnych dokumentach strategicznych dotyczących zarządzania wodami i adaptacji do zmian klimatu wskazuje się, że efektywne działania inwestycyjne, planistyczne i środowiskowe przynoszą najlepsze rezultaty wtedy, gdy prowadzone są w sposób zintegrowany, zarówno przestrzennie, jak i instytucjonalnie.

Dobrze skoordynowane działania inwestycji wodnych prowadzą do:

- optymalnego wykorzystania przestrzeni i istniejącej infrastruktury,
- zmniejszenia ryzyka powodzi, podtopień oraz skutków suszy,
- poprawy stabilności hydrologicznej i retencji krajobrazowej,

- ograniczenia kosztów poprzez eliminację działań powielających się lub wykluczających,
- spójności działań rolniczych, leśnych, ochronnych i komunalnych,
- zapewnienia transparentności i trwałości efektów inwestycji.

Wspólne planowanie lokalnych działań inwestycyjnych, powoduje, że takie przedsięwzięcia przynoszą długoterminową poprawę zarówno bilansu wodnego, stanu środowiska glebowego, jak i biologicznego.

Skuteczne wdrażanie działań retencyjnych wymaga konsolidacji podstawowych grup interesariuszy:

1. **jednostki samorządu terytorialnego (gminy, powiaty)** – odpowiadające za planowanie przestrzenne, rozwój lokalny, drobną infrastrukturę wodną,
2. **zarządcy wód i cieków** – prowadzący działania eksploatacyjne, utrzymaniowe i inwestycyjne,
3. **rolnicy i organizacje rolnicze** – użytkownicy gruntów zależnych od stabilnych warunków wodnych,
4. **leśnicy i jednostki zarządzające lasami** – mające wpływ na retencję terenową i stan cieków leśnych,
5. **społeczności lokalne i organizacje społeczne** – odbiorcy efektów środowiskowych, użytkownicy zasobów przyrodniczych.

W wyniku współpracy możliwe jest odpowiednie lokalizowanie inwestycji, zabezpieczanie zlewni przed nadmiernym odpływem wód, przywracanie naturalnych procesów hydrologicznych oraz tworzenie systemu retencji rozproszonej.

Prawidłowa współpraca i koordynacja działań w zakresie gospodarowania wodami oraz prac inwestycyjnych powinna opierać się w pierwszej kolejności na wspólnie opracowanym planie inwestycyjnym oraz wymianie informacji i danych dla potrzeb inwestycji w danym obszarze. Koordynacja prac to również umiejętność połączenia różnych działań inwestycyjnych, które wzajemnie się uzupełniają i tworzą spójny, zintegrowany ciąg retencji (np. stawy – rowy – mokradła – tereny zalewowe).

W dobrze zaprojektowanym planie współpracy, poszczególne podmioty powinny wzajemnie się informować o planowanych pracach melioracyjnych lub zmianach sposobu utrzymania cieków; prowadzić działania doradcze np. dla rolników w zakresie działań agrotechnicznych (mulczowania, pasów buforowych, zabiegów przeciwozyjnych) oraz organizować spotkania konsultacyjne np. z zakresu inwestycji hydrotechnicznych.

Dobłą praktyką byłoby także wspólne uzgadnianie procedur utrzymaniowych, tworzenie harmonogramów konserwacji rowów i obiektów wodnych, prowadzenie kontroli drożności rowów w okresach krytycznych pod kątem suszy i podtopień.

W całym procesie koordynowania działań nie należy pomijać kwestii edukacji (broszury, portale informacyjne, szkoła) i udziału mieszkańców w konsultacjach z zakresu retencji wodnej.

Na podstawie analiz dostępnych dokumentów (m.in. Powiatowych Planów Wodnych dla poszczególnych powiatów) można utworzyć/wskazać uniwersalny zakres działań koordynacyjnych, który obejmuje:

1. **Utworzenie Lokalnych Partnerstw Wodnych (LPW) lub wzmocnienie istniejących.** Partnerstwo powinno być stałą platformą współpracy na linii powiat–gminy–spółki wodne–rolnicy–leśnicy–Wody Polskie–organizacje pozarządowe. LPW powinno nadzorować listy zadań, wnioski o finansowanie i działania edukacyjne.
2. **Podział ról i odpowiedzialności:**
 - *Powiat:* koordynacja strategiczna, łączenie programów gminnych, pozyskiwanie i alokacja środków na zadania ponadgminne.
 - *Gmina:* bieżące utrzymanie rowów przydrożnych, współpraca ze spółkami wodnymi, lokalne planowanie przestrzenne.
 - *Wody Polskie / RZGW:* zarządzanie głównymi ciekami, zatwierdzanie większych inwestycji, nadzór hydrologiczny.
 - *Spółki wodne / rolnicy:* konserwacja urządzeń melioracyjnych na gruntach rolnych, zgłaszanie awarii, realizacja małych inwestycji retencyjnych.
3. **Standardy dokumentacji i wymiana informacji:** jednolite formularze zgłoszeń zadań do PPW (wzory załączników występują w niektórych PPW), baza zgłoszeń online, katalog inwestycji priorytetowych.
4. **Mechanizmy finansowo-prawne:** model współfinansowania interwencji (np. budżet powiatowy + udział gminy + dotacja wojewódzka/środki zewnętrzne) oraz proste regulacje dot. korzystania z funduszy (umowy o dofinansowanie z jasnymi warunkami).
5. **Harmonogramy przeglądów i raportowania:** cykliczne spotkania operacyjne (np. co kwartał) i strategiczne (np. co rok), raportowanie efektów do Zarządu Powiatu i publikacja raportu dla mieszkańców.

Bieżąca współpraca pomiędzy podmiotami powinna być oparta o szereg praktycznych narzędzi, w tym:

- a) Zespoły robocze tematyczne: np. ds. małej retencji, ds. melioracji, ds. komunikacji i edukacji, ds. finansowania.
- b) Platforma danych GIS oraz dostępny rejestr zadań: współdzielona mapa interwencji, harmonogramów i wykonanych prac.
- c) Umowy partnerskie (porozumienia gmin-powiat-spółki): wzory porozumień określające zakres prac, częstotliwość utrzymania, tryb refinansowania.
- d) Program wsparcia technicznego dla spółek wodnych: doradztwo KPODR / powiatu przy przygotowaniu dokumentacji, wniosków o dotacje i nadzorce prac.

7.3. Wskazanie możliwych źródeł finansowania (środki własne samorządu, fundusze unijne, dotacje krajowe, partnerstwa publiczno-prywatne).

Realizacja inwestycji związanych z retencjonowaniem wody oraz jej gospodarowaniem niejednokrotnie wymaga znacznych nakładów kosztowych, które przewyższają możliwości finansowe rolników czy budżety jednostek samorządowych. W wielu przypadkach konieczne jest pozyskanie zewnętrznych źródeł finansowego wsparcia zadań inwestycyjnych, programów związanych z małą retencją oraz inwestycjami wodnymi. Odpowiednie wsparcie finansowe stanowi podstawę skutecznej realizacji zaplanowanych działań i usług.

Źródła finansowania wszelkich wodnych inicjatyw będą zróżnicowane, w zależności od rodzaju i okresu przewidywanego działania, a przede wszystkim od możliwości stosowania instrumentów finansowo-ekonomicznych, zapewnionych na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym.

Najczęstszym sposobem finansowania przedsięwzięć inwestycyjnych związanych z małą retencją, z ochroną środowiska i adaptacją do zmian klimatu są:

- dotacje państwowe z funduszy krajowych i zagranicznych;
- kredyty i pożyczki udzielane w bankach komercyjnych,
- kredyty i pożyczki preferencyjne udzielane przez instytucje wspierające rozwój gmin,
- środki własne inwestorów.

Fundusze i programy krajowe:

1. Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko (NFOŚiGW):

1) FEnIKS – Gospodarka wodno-ściekowa, Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko

Nabór: od 01.12.2025 r. do 31.03.2026 r.

Zakres wsparcia: przedsięwzięcia związane z budową nowej infrastruktury komunalnej do zbierania ścieków komunalnych oraz budową, przebudową, rozbudową i remontem istniejącej infrastruktury komunalnej do ich oczyszczania, w aglomeracjach o wielkości co najmniej 15 000 RLM.

Beneficjenci: jednostki realizujące zadania związane z gospodarką wodno-ściekową na terenie aglomeracji; jednostki samorządu terytorialnego i ich związki, przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne (w rozumieniu art. 2 pkt 4 ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków) oraz spółki wodne (w rozumieniu art. 441 ustawy Prawo wodne) i ich związki

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 70% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 720 mln PLN

2) 2.4 FEnIKS – Adaptacja do zmian klimatu, zapobieganie klęskom i katastrofom. Systemy gospodarowania wodami opadowymi, Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko

Nabór: od 30.09.2025 r. do 30.04.2026 r.

Zakres wsparcia:

- zrównoważone systemy gospodarowania wodami opadowymi z udziałem zieleni, zielono-niebieskiej infrastruktury i rozwiązań opartych na przyrodzie;
- wdrożenia inwestycji określonych w miejskich planach adaptacji do zmian klimatu, obejmujących m.in. zrównoważone i zaadaptowane do zmian klimatu systemy gospodarowania wodami opadowymi oraz rozwój zielono-niebieskiej infrastruktury;
- systemy w zakresie gospodarowania wodami opadowymi mające za zadanie zapobieganie podtopieniom i zalaniom oraz ograniczanie skutków tych zjawisk, zwiększenie odporności na ekstremalne zjawiska pogodowe (ulewy oraz powodzie błyskawiczne), spowolnienie odpływu wód opadowych oraz

retencjonowanie wody w zlewniach lokalnych wraz z systemami jej dystrybucji na okres suszy.

Projekty takie będą łączone z projektami dotyczącymi zielononiebieskiej infrastruktury. Wspierane inwestycje dotyczyć będą m.in.:

- a) budowy, rozbudowy lub remontu sieci kanalizacji deszczowej oraz infrastruktury towarzyszącej, w tym urządzeń wodnych i zieleni (w wyniku realizacji inwestycji musi wzrosnąć powierzchnia obszarów zieleni w projekcie spełniających funkcje ekologiczne, w tym powierzchni biologicznie czynnej), która przyczynia się do odprowadzania, zatrzymania, retencjonowania, wykorzystania wód opadowych lub oczyszczania (w razie potrzeby) wód opadowych, przy czym dla tej infrastruktury preferowane będzie użycie metod naturalnych lub bazujących na naturalnych (rozwiązania oparte na przyrodzie), w tym wiążących się z zasilaniem wód gruntowych i podziemnych oraz rozwojem zieleni. Metody naturalne lub bazujące na naturalnych to działania, wykorzystujące naturalną zdolność retencji, zagospodarowania, samooczyszczania oraz odprowadzania wód opadowych z danego terenu np. rowy odwadniające, muldy, zbiorniki odparowujące, obsadzone roślinnością stawy sedymentacyjne, obiekty hydrofitowe oczyszczania wód opadowych, ogrody deszczowe, mikromokradła, niecki bioretencyjne i infiltracyjne;
 - b) zazielenienia zbiorników wodnych lub ich renaturyzacji w lokalnych zlewniach miejskich;
 - c) budowy, rozbudowy lub remontu zbiorników wód opadowych wraz z infrastrukturą towarzyszącą (w tym m.in. urządzenia podczyszczające i instalacje rozprowadzania zebranej wody);
 - d) likwidacji zasklepienia lub uszczelnienia gruntu poprzez stosowanie wzmocnień przepuszczalnych dla wody np.: ażurowych lub żwirowych, jak również poprzez stosowanie rozwiązań opartych na przyrodzie, w tym zakładających przywrócenie do stanu pierwotnego;
- Zieleń stosowana w projektach powinna składać się z gatunków rodzimych, zaś działania adaptacyjne nie powinny przyczyniać się do spadku różnorodności biologicznej, lecz jej zachowania lub wzrostu.
 - Dopuszczalne jest sfinansowanie również następujących elementów dodatkowych: infrastruktury dla udostępniania zieleni oraz zielono-niebieskiej i niebieskiej

infrastruktury (np. ciągi pieszo-rowerowe, stojaki na rowery, ścieżki, ławeczki, kosze na śmieci, infrastruktura oświetleniowa, toalety publiczne, obiekty małej architektury, place zabaw dla dzieci, siłownie plenerowe) oraz niewielkich działań rekultywacyjnych i remediacyjnych terenu znajdującego się w granicach projektu zieleni lub zielono-niebieskiej i niebieskiej infrastruktury. Wskazany katalog potencjalnych inwestycji nie ma charakteru zamkniętego. Wartość ww. elementów nie może wynieść więcej niż 20 % kosztów kwalifikowalnych projektu. W przypadku, gdy konieczność wykonania dodatkowych elementów wynika z zaleceń konserwatora zabytków wartość tych elementów nie może przekroczyć 25% kosztów kwalifikowalnych projektu.

- W ramach projektów nie będą finansowane prace pielęgnacyjne takie jak sezonowe koszenie trawników i poboczy dróg, przycinanie żywopłotów, gałęzi, obsadzanie i pielęgnacja istniejących kwietników i rabat kwiatowych, jesienne sprzątanie liści itp.
- Dodatkowo, punktowane będą projekty zakładające rozszczelnienie i odsklepianie terenu, w tym odbetonowanie, w ramach projektów oraz zwiększające ogólny udział zieleni i niebieskiej infrastruktury na obszarach miejskich.
- W ramach działań adaptacyjnych dodatkowo wspierane będą również projekty dotyczące gospodarowania i zarządzania wodą przeznaczoną do spożycia (z wyjątkiem uzdatniania i dystrybucji wody do odbiorców) w zakresie, w jakim wynika to z konieczności dostosowania do ekstremalnych zjawisk pogodowych (adaptacji do zmian klimatu).

Beneficjenci: jednostki samorządu terytorialnego, jednostki organizacyjne działające w imieniu jednostek samorządu terytorialnego, podmioty świadczące usługi publiczne w ramach realizacji obowiązków własnych jednostek samorządu terytorialnego. Zgodnie z Regulaminem wyboru projektów (§ 4 ust. 7) o dofinansowanie w ramach działania mogą ubiegać się miasta powyżej 20 tys. mieszkańców oraz miasta z przedziału 15-20 tys. mieszkańców, które są stolicami powiatów, za wyjątkiem: miast podlegających wsparciu w ramach Działania 01.02 (których lista stanowi załącznik nr 10 do Regulaminu).

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 79,71% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 500 mln PLN; Minimalna kwota dofinansowania projektu wynosi 500 tys. PLN.

3) **2.4 FEnIKS – Adaptacja do zmian klimatu, zapobieganie klęskom i katastrofom. Systemy gospodarowania wodami opadowymi, Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko**

Typ FENX.02.04.10 Edukacja w zakresie kwestii klimatycznych, adaptacji do zmian klimatu oraz ochrony zasobów wodnych

Podtyp I: Projekty edukacyjne realizowane w szkołach z elementami infrastrukturalnymi - kompleksowe projekty dotyczące podnoszenia świadomości nt. zmian klimatu i adaptacji do nich poprzez wdrażanie działań edukacyjno-informacyjnych równoległe z powiązаныmi działaniami adaptacyjnymi w zakresie zielononiebieskiej infrastruktury.

Nabór: od 29.08.2025 r. do 30.01.2026 r.

Zakres wsparcia:

- projekty dotyczące edukacji ekologicznej spełniające łącznie następujące warunki: a) są realizowane w szkołach i zawierają elementy infrastrukturalne; b) dotyczą podnoszenia świadomości nt. zmian klimatu i adaptacji do nich poprzez wdrażanie działań edukacyjno-informacyjnych równoległe z powiązаныmi działaniami adaptacyjnymi w zakresie zielononiebieskiej infrastruktury.

Beneficjenci: jednostki samorządu terytorialnego i ich związki, pozarządowe organizacje ekologiczne, partnerstwa podmiotów wyżej wymienionych.

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 79,71% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 30 mln PLN

2. **Dopłaty do Ekoschematów w ramach WPR 2021-2027 – Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa**

Nabór: co roku, do 2027

Zakres wsparcia: Ekoschematy – rodzaj interwencji w formie płatności bezpośrednich, w ramach których za realizację praktyk korzystnych dla środowiska i klimatu, rolnik może otrzymać dodatkowe płatności. Wśród ekoschematów o największym wpływie na retencję wodną, do których rolnik może otrzymać dodatkową płatność są:

- 1) Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi, które obejmuje m.in. takie praktyki rolnicze jak:

- Ekstensywne użytkowanie trwałych użytków zielonych (TUZ) z obsadą zwierząt,
- Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe,
- Wymieszanie obornika na gruntach ornych w terminie 12 godzin od jego aplikacji,
- Stosowanie nawozów naturalnych płynnych innymi metodami niż rozbryzgowo,
- Uprozczone systemy uprawy,
- Wymieszanie słomy z glebą.

2) Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych.

Płatności w ramach ekoschematów, z wyłączeniem ekoschematu Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych są przyznawane do łącznej powierzchni gruntów nie większej niż 300 ha, przy czym:

1. do tej powierzchni nie wlicza się powierzchni gruntów ornych, na których rolnik zastosował materiał siewny kategorii elitarny lub materiał siewny kategorii kwalifikowany, na której jest realizowany dodatkowo ekoschemat *Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi* albo ekoschemat *Biologiczna uprawa*;
2. w przypadku płatności do rolnictwa węglowego i zarządzania składnikami odżywczymi, do tej powierzchni wlicza się powierzchnię gruntów ustaloną w wyniku przeliczenia liczby punktów za realizację praktyk w ramach tej płatności.

W przypadku gdy o przyznanie płatności w ramach ekoschematów obszarowych, z wyłączeniem ekoschematu *Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych*, ubiega się spółdzielnia produkcji rolnej albo spółdzielnia rolników, przy przyznawaniu tych płatności danej spółdzielni maksymalny limit 300 ha ustala się, na jej wniosek, jako iloczyn tego limitu oraz liczby członków danej spółdzielni, jeżeli spółdzielnia ta poddała się lustracyjnemu badaniu w ciągu ostatnich trzech lat poprzedzających rok złożenia wniosku o przyznanie tych płatności.

Spółdzielnia we wniosku o przyznanie płatności zawiera oświadczenie, że ubiega się o przyznanie tych płatności jako spółdzielnia produkcji rolnej albo spółdzielnia rolników i wnosi o ich przyznanie z uwzględnieniem liczby członków danej spółdzielni.

Do tej samej powierzchni w tym samym roku mogą być przyznane płatności w ramach nie więcej niż dwóch ekoschematów lub praktyk, lub wariantów.

Beneficjenci: rolnicy, spółdzielnie rolników

Poziom dofinansowania ekoschematu: projektowane stawki płatności w ramach ekoschematów obszarowych w 2025 r.:

Tab. 7.3.1. Wysokości stawki płatności w ramach wybranych ekoschematów obszarowych w 2025 r.

Ekoschemat obszarowy / praktyka / wariant		Projektowana wysokość stawki - 2025 r.
		[zł/ha]
Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi, w tym praktyki:	Ekstensywne użytkowanie trwałych użytków zielonych z obsadą zwierząt	437,60
	Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe	437,60
	Zróżnicowana struktura upraw	233,13
	Wymieszanie obornika na gruntach ornych w terminie 12 godzin od jego aplikacji	175,05
	Stosowanie nawozów naturalnych płynnych innymi metodami niż rozbryzgowo	262,56
	Uproszczone systemy uprawy	262,56
	Wymieszanie słomy z glebą	87,52
Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych		245,98
Materiał siewny kategorii elitarny lub materiał siewny kategorii kwalifikowany w tym:	zboża	104,15
	rośliny strączkowe	168,93
	ziemniaki	436,76

źródło: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/projektowane-stawki-platnosci-bezposrednich-za-2025-r>

W przypadku płatności dla małych gospodarstw w ustawie o Planie Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 określona została stała kwota wsparcia, wynosząca 225 EUR/ha. Równowartość tej kwoty w złotych, po przeliczeniu z zastosowaniem podanego kursu to 960,70 zł.

Fundusze regionalne

1. Program Regionalny Fundusze Europejskie dla Kujaw i Pomorza na lata 2021-2027 Departament Rozwoju Obszarów Wiejskich UMWK-P

Działanie 2.9 Mała retencja i adaptacja do zmian klimatu w regionie,

Nabór: III/IV kw. 2026 r. (na I i II kw. 2026r. planowane jest przygotowywanie procedur i dokumentacji do naboru dla Grantobiorców. Ogłoszenie naboru dla Grantobiorców zostanie poprzedzone konferencją otwierającą).

Zakres wsparcia:

- budowa mikro i małych zbiorników wodnych, sztucznych stawów, podpiętrzeń jezior;
- budowa stopni i jazów dla podwyższenia poziomu w rzece;
- regulacja odpływów z systemów odwadniających;
- budowa stawów i rowów infiltracyjnych;
- renaturyzacja rzek, odtwarzanie dolin rzecznych;
- budowa lub remont urządzeń służących do retencjonowania wód (np. jazy, zastawki);
- zwiększenie powierzchni i ilości zadrzewień śródpolnych.

Beneficjenci: jednostki samorządu terytorialnego, osoba fizyczna, kościół / związek wyznaniowy, stowarzyszenie, spółdzielnia, spółka wodna, inna osoba prawna;

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 100% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 59,9 mln PLN; max 200 tys. Euro / Grantobiorcę

2. Program Priorytetowy - WFOŚiGW w Toruniu.

1) Program Priorytetowy EKO-KLIMAT – woda, powietrze, ziemia – preferencyjny program pożyczkowy

Nabór: nieoficjalnie 2026 r. Poniższe informacje odnoszą się do dotychczasowych zasad.

Zakres wsparcia: przedsięwzięcia proekologiczne realizowane na terenie woj. kujawsko-pomorskiego w zakresie:

- a) Poprawa gospodarki wodno-ściekowej:

- budowa systemów oczyszczania ścieków, w tym oczyszczalni ścieków i sieci kanalizacyjnych;
- zakup specjalistycznego sprzętu do utrzymania i konserwacji urządzeń kanalizacyjnych oraz pojazdów asenizacyjnych;
- budowa i modernizacja ujęć wody, stacji uzdatniania wody oraz sieci wodociągowych.

b) Adaptacja do zmian klimatu:

- realizację zielono-błękitnej infrastruktury na terenach zabudowanych;
- modernizację kanalizacji deszczowej, umożliwiającą lokalną retencję, w tym budowę polderów zalewowych i systemów infiltracji wód deszczowych do gruntu;

c) Edukacja ekologiczna:

- budowa, przebudowa i modernizacja obiektów budowlanych lub ich części przeznaczonych do prowadzenia edukacji ekologicznej.

Beneficjenci: osoba fizyczna, osoba prawna, jednostki organizacyjne nieposiadające osobowości prawnej;

Okres wdrażania: Program realizowany jest od 2020 r. do 2029 r. w tym:

- a) podpisywanie umów podejmowane będzie do końca 2027 roku,
- b) środki w formie pożyczek wypłacane będą Beneficjentom do końca 2029 roku.

Forma dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: preferencyjna pożyczka do 100% kosztów kwalifikowanych. Okres kwalifikowalności kosztów obejmuje wydatki poniesione przez Beneficjenta od 01.05.2020 roku do 30.06.2029 roku. Wydatki poniesione przez Beneficjenta w okresie kwalifikowalności kosztów mogą być uznane do refundacji przy ustalaniu kwoty dofinansowania, jeśli zostały poniesione przez Wnioskodawcę w okresie nie dłuższym niż 1 rok przed złożeniem wniosku o dofinansowanie.

Minimalna kwota pożyczki: 80 tys. PLN.

Oprocentowanie: Oprocentowanie pożyczek jest zmienne i określone na podstawie stopy redyskonta weksli, ustalonej przez Radę Polityki Pieniężnej, ogłaszanej obwieszczeniem Prezesa NBP obowiązującej w dniu zawarcia umowy pożyczki. Oprocentowanie pożyczek wynosi:

- pożyczka z opcją umorzenia – 0,80 stopy redyskonta weksli, jednak nie mniej niż 2,25% w skali roku. Aktualne oprocentowanie: 3,24% od dnia 04.12.2025 r.

- pożyczka bez umorzenia – 0,70 stopy redyskonta weksli, jednak nie mniej niż 2,00% w skali roku. Aktualne oprocentowanie: 2,84% od dnia 04.12.2025 r.

W przypadku przedsięwzięć podlegających przepisom pomocy publicznej, Wojewódzki Fundusz może ustalić na wniosek Wnioskodawcy wyższe oprocentowanie (tzw. rynkowe), nie niższe niż stopa bazowa obowiązująca w dniu zawarcia umowy, powiększone o marżę. Oprocentowanie aktualizowane jest w okresach kwartalnych, na podstawie wysokości stopy redyskonta weksli z ostatniego dnia roboczego poprzedniego kwartału.

Minimalny okres spłaty pożyczki uzależniony jest od wariantu pożyczki:

- od 5 do 15 lat dla pożyczek z umorzeniem
- od 2 do 15 lat dla pożyczek bez umorzenia

Maksymalny okres spłaty pożyczki uzależniony jest od specyfiki przedsięwzięcia, oceny ryzyka niespłacenia pożyczki oraz form jej zabezpieczenia i wynosi do 15 lat. Okres ten jest liczony od określonej w umowie daty wypłaty pierwszej transzy pożyczki do dnia określonej w umowie spłaty ostatniej raty.

Karencja: nie dłużej niż 36 miesięcy

Udzielenie dofinansowania i umorzenia:

- następuje z uwzględnieniem przepisów regulujących dopuszczalną pomoc publiczną;
- udzielenie umorzenia w ramach Programu następuje bez względu na inne źródła finansowania przedsięwzięcia, w tym także bezzwrotne, z wyłączeniem przedsięwzięć współfinansowanych z udziałem dotacji lub pożyczek ze środków NFOŚiGW oraz innych środków publicznych, także zagranicznych, których zasady wyłączają możliwość bezzwrotnego dofinansowania w części wymaganego od Beneficjenta udziału własnego;
- w przypadku pożyczki z umorzeniem, pożyczka jest częściowo umarzana na wniosek Pożyczkobiorcy, jeśli łącznie zostaną spełnione warunki określone w § 14 ust. 5 Zasad;
- maksymalna wartość umorzenia nie może przekraczać 15 % wypłaconej kwoty pożyczki i nie może być wyższa niż 500 000,00 zł.

Wartość umorzenia uzależniona jest od okresu spłaty pożyczki i narasta po upływie każdego roku od dnia jej zawarcia o jeden punkt procentowy, począwszy od piątego roku, wg schematu: od 5% do 15% wypłaconej kwoty pożyczki, naliczana wg

schematu: 5 lat – 5%, 6 lat – 6%... 15 lat – 15% - dotyczy pożyczek z opcją umorzenia.

Minimalny okres zachowania trwałości przedsięwzięcia uzależniony jest od specyfiki przedsięwzięcia i nie powinien być krótszy niż 5 lat od daty jego zakończenia.

Gdy wartość wnioskowanej pożyczki przekracza 5 mln PLN, oprocentowanie pożyczki oraz warunki częściowego jej umorzenia, z wyjątkiem maksymalnej kwoty umorzenia, mogą zostać ustalone przez Zarząd WFOŚiGW w drodze negocjacji z Wnioskodawcą.

2) **Program „Moja Woda” – WFOŚiGW w Toruniu.** Planowane jest wdrożenie kolejnej edycji „Moja Woda” (regulamin, formularze, tryb naboru na poziomie województwa).

Zakres programu: wsparcie małej retencji przydomowej: gromadzenie wód opadowych (np. zbiorniki szczelne, oczka wodne), retencjonowanie wody (np. drenaż, zielne dachy), wykorzystywanie zebranej deszczówki (np. pompy, filtry, zraszacze), zbieranie wód opadowych (np. łapacze, rury).

Beneficjenci: osoby fizyczne — właściciele/współwłaściciele / użytkownicy wieczystości nieruchomości z budynkiem jednorodzinny. Z dofinansowania nie mogą skorzystać osoby, którym już wcześniej udzielono dofinansowania z programu „Moja Woda”.

Termin składania wniosków: Oficjalnej daty nie ma. Z nieoficjalnych źródeł, po korespondencji z WFOŚiGW wynika, że harmonogram może zostać ujawniony na początku 2026 r. (orientacyjnie).

8. Wnioski i rekomendacje końcowe

8.1. Podsumowanie najważniejszych rezultatów koncepcji

- Na obszarze powiatu brodnickiego, mimo dużej jeziorności (ok. 3,35%) i znacznego udziału lasów, zdiagnozowano wysoką wrażliwość na suszę rolniczą i ograniczony bilans wodny, szczególnie w krajobrazach intensywnie użytkowanych rolniczo.
- Kluczowe znaczenie w kształtowaniu warunków wodnych powiatu mają systemy rzeczne Drwęcy, Skarlanki, Brodniczki, Brynicy, Lutryny oraz Osy,

w powiązaniu z licznymi jeziorami rynnowymi i zbiornikami przepływowymi, które stanowią strategiczny potencjał dla rozwoju małej retencji.

- Przeprowadzona analiza wskazała, że największe ryzyko deficytów wodnych dotyczy obszarów rolniczych, natomiast strefy leśne i silnie jeziorne pełnią funkcję buforów hydrologicznych, łagodzących skutki suszy i ekstremalnych zjawisk pogodowych.
- Koncepcja wykazała, że działania małej retencji – w szczególności renowacja zbiorników, spowalnianie odpływu, wykorzystanie istniejących obniżen terenowych oraz renaturyzacja siedlisk mokradłowych – są skutecznym narzędziem poprawy lokalnego bilansu wodnego i wzmacniania odporności ekosystemów.
- Analiza dwóch obiektów pilotażowych (modernizacja zbiornika w Górznie oraz odtworzenie stawu w Góralach) potwierdziła możliwość istotnego zwiększenia retencji czynnej w zlewniach zurbanizowanych i wiejskich, jednocześnie poprawiając bezpieczeństwo przeciwpowodziowe, stan siedlisk i walory krajobrazowe.

8.2. Rekomendacje dla dalszych działań strategicznych i operacyjnych

- Należy przyjąć długofalową strategię rozwoju systemu małej retencji, opartą na łączeniu rozwiązań technicznych (zbiorniki, zastawek, przepusty, przebudowa odpływów) z rozwiązaniami przyrodniczymi (renaturyzacja cieków, mokradeł, stref buforowych, lasów i zadrzewień śródpolnych).
- W działaniach melioracyjnych rekomenduje się stopniowe przechodzenie od modelu „szybkiego odprowadzenia wody” do modelu „retencjonowania i spowalniania odpływu”, m.in. poprzez modernizację istniejących systemów odwadniających oraz dostosowanie ich do aktualnych warunków klimatycznych i potrzeb rolnictwa.
- Wskazane jest utworzenie listy priorytetowych obszarów inwestycyjnych, obejmującej zlewnie cząstkowe o wysokim zagrożeniu suszą i jednocześnie dużym potencjale retencyjnym, z przypisaniem możliwych typów działań (zbiorniki, renaturyzacja, mała retencja leśna, rozwiązania agroekologiczne).
- Rekomenduje się rozwijanie współpracy między samorządami gminnymi, powiatem, Wodami Polskimi, nadleśnictwami, rolnikami i organizacjami społecznymi, w tym poprzez wykorzystanie formuły Lokalnego Partnerstwa

Wodnego jako platformy koordynacji, konsultacji oraz przygotowania wspólnych projektów.

- Należy systematycznie korzystać z krajowych i unijnych źródeł finansowania, przygotowując projekty pakietowe – obejmujące grupy obiektów retencyjnych w obrębie jednej lub kilku zlewni, co zwiększy efektywność kosztową i środowiskową inwestycji.
- W działaniach operacyjnych zaleca się uwzględnienie aspektów edukacyjnych i społecznych, wykorzystując zbiorniki i obszary mokradłowe jako miejsca prowadzenia edukacji klimatycznej, przyrodniczej i wodnej, co zwiększy akceptację społeczną dla inwestycji retencyjnych.

8.3. Kierunki pogłębionych analiz i możliwości rozszerzenia działań na inne obszary

- Wskazane jest wykonanie szczegółowych analiz hydrologiczno-hydraulicznych dla wybranych zlewni cząstkowych, z wykorzystaniem numerycznych modeli terenu i modeli przepływu, w celu optymalizacji lokalizacji zbiorników, zastawek oraz stref zalewowych.
- Należy pogłębić rozpoznanie zależności między retencją powierzchniową, jeziorną i mokradłową a poziomami wód gruntowych oraz produkcją rolną, aby lepiej ukierunkować działania wspierające rolnictwo na obszarach o najwyższym zagrożeniu suszą rolniczą.
- Rekomenduje się opracowanie jednolitej metodyki inwentaryzacji obiektów małej retencji (istniejących i potencjalnych) na terenie całego powiatu oraz ich klasyfikacji pod względem funkcji: przeciwpowodziowej, rolniczej, przyrodniczej, rekreacyjnej i miejskiej.
- Warto rozszerzyć podejście zastosowane dla Górzna i Górali na kolejne miejscowości, identyfikując obniżenia terenu, zdegradowane stawy, dawne systemy stawowe i niewykorzystane doliny cieków, które mogą zostać włączone w sieć małej retencji jako obiekty pilotażowe.
- Zasadne jest uwzględnienie scenariuszy zmian klimatu w przyszłych analizach bilansu wodnego powiatu, tak aby planowane inwestycje retencyjne były odporne na prognozowane zmiany intensywności opadów, częstotliwości susz i zjawisk ekstremalnych.

- W dalszych opracowaniach rekomenduje się włączenie komponentu jakościowego – monitoringu ładunku biogenów, stanu troficznego jezior i cieków oraz efektywności stref buforowych – co pozwoli ocenić rolę małej retencji nie tylko w bilansie ilościowym, ale także w poprawie jakości wód i usług ekosystemowych.

9. Literatura

1. ARiMR 2024 – Wycena robót wodno-melioracyjnych.
2. Bąk B., Maszewski R. 2012. Typy cyrkulacji atmosfery w regionie bydgosko-toruńskim podczas długotrwałej suszy meteorologicznej w latach 1989–1998. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 4 (40) p. 17–29.
3. Bartczak, A., Krzemiński, M. & Arażny, A. Changes in evaporation patterns and their impact on Climatic Water Balance and river discharges in central Poland, 1961–2020. *Reg Environ Change* 24, 130 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02296-3> <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-024-02296-3>
4. Bukowski M. 2012. Efektywność ekonomiczna produkcji energii w małych elektrowniach wodnych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 34. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-62416-49-3 ss. 196.
5. Bukowski M., Liziński T., Wróblewska A. 2014. Efektywność ekonomiczna inwestycji z zakresu melioracji wodnych na przykładzie PROW 2007–2013. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 14. Z. 2(46) s. 5–15.
6. Charakterystyka posterunków wodowskazowych IMGW – dane ogólnodostępne, hydro.imgw.pl.
7. Chełmicki W. 2001. *Woda - Zasoby, degradacja, ochrona*. PWN Warszawa, 1-305.
8. Corine Land Cover, 2018 – Inspekcja Ochrony Środowiska, format WMS.
9. Cyfrowe mapy pokrywy glebowej Polski z zasobów Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego.
10. Dane archiwalne Państwowego Monitoringu Środowiska – GIOŚ.
11. Główny Urząd Statystyczny. (2025). *Bank Danych Lokalnych*. <https://bdl.stat.gov.pl>
12. Główny Urząd Statystyczny. (2024). *Bank Danych Lokalnych*. <https://bdl.stat.gov.pl>
13. Internetowy Atlas Województwa Kujawsko-Pomorskiego. 2015. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu. (mapy zarchiwizowane).
14. Komisja Europejska (KE) 2021. *Analiza ekonomiczna - Vademecum 2021-2027. Zasady ogólne i zastosowania w sektorach*.
15. Kowalewski Z. 2003. Wpływ retencjonowania wód powierzchniowych na bilans wodny małych zlewni rolniczych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. Rozprawy

- naukowe i monografie. Nr 6. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 83-88763-31-8 ss. 126.
16. L. Łabędzki. 2014. Klimatyczne uwarunkowania rozwoju melioracji, W: Kaca E. (red.). Uwarunkowania rozwoju melioracji w Polsce. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy i monografie . Nr 37. Wyd. ITP, Falenty, ss.195
 17. Łysoń P., Wawer R. (red.) 2020. Adaptacja gospodarki wodnej w rolnictwie do zmieniającego się klimatu. IUNG-PIB, 1-38.
 18. Manteuffel Szoegel H. 2002. Elementy ekonomiki gospodarowania wodą w rolnictwie. Warszawa. Wydaw. SGGW. ISBN 8-372-44382-3 ss. 228.
 19. Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000 (MPHP10k) – Wody Polskie, format WMS.
 20. Mapa zagrożenia powodziowego – Wody Polskie, ISOK, format WMS.
 21. Miler A. 2009. Stan obecny małej retencji wodnej oraz perspektywy jej rozbudowy na przykładowych terenach leśnych w Wielkopolsce. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4, 231-237.
 22. Ortofotomapa standardowa – GUGIK, portal WMS Plan Przeciwdziałania Skutkom Suszy. (PPSS) – Wody Polskie, ISOK, format WMS.
 23. Piechota T. 2021. Jak zatrzymać wodę na polu? Wpływ agrotechniki na gospodarkę wodną. W: Współczesne uwarunkowania i wyzwania gospodarowania wodą w rolniczej przestrzeni produkcyjnej Wielkopolski (Bykowski J. – red.). Wyd. UP Poznań, 37-57.
 24. Pociask-Karteczka J. (red.) 2006. Zlewnia – Właściwości i procesy. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego Kraków, 1-295
 25. Powiatowy Plan Wodny dla Powiatu Brodnickiego (Plan rozwoju gospodarki wodą na terenach wiejskich na lata 2022-2030), 2021. Lokalne Partnerstwo Wodne Powiatu Brodnickiego, KPODR Minikowo.
 26. Przybyła C., Sojka M., Mrozik R., Wróżyński R., Pyszny K. 2015. Metodyczne i praktyczne aspekty planowania małej retencji. Bogucki Wydawnictwo Naukowe Poznań, 1-204.
 27. Strona Internetowa: Główny Urząd Statystyczny, Bank danych lokalnych. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/start>
 28. Strona internetowa: Hydro IMGW-PIB, <https://hydro.imgw.pl>
 29. Strona Internetowa: Urząd Statystyczny w Bydgoszczy, <http://bydgoszcz.stat.gov.pl/dane-o-wojewodztwie/>

30. Strona internetowa: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Dane dotyczące stanu ekologicznego i chemicznego JCWP <https://wody.gios.gov.pl/pjwp/maps/>
31. Treder W. 2022. Kodeks dobrych praktyk wodnych w ogrodnictwie. Wyd. Instytut Ogrodnictwa -PIB Skierniewice, 1-153.
32. Wawer R., Kolasińska K. (red.) 2020. Kodeks dobrych praktyk wodnych w rolnictwie. Praca zbiorowa, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 1-214.
33. Wawrzyniak B.M. 2002. Monografia rolnictwa województwa kujawsko-pomorskiego. Wydawnictwo WTN Włocławek, 1-526.
34. Woś. A. Zarys klimatu Polski. 1996. Wyd. Nauk. UAM. s. 300 ISBN 83-232-0755-0
35. Żarski J., Dudek S. 2000. Charakterystyka warunków termicznych i opadowych województwa kujawsko-pomorskiego w aspekcie potrzeb ochrony środowiska. Zeszyty Naukowe WSHE Włocławek, Ochrona Środowiska VI, 85-98.

II. Część graficzna

1. Mapy przeglądowe obszaru powiatu.

2. Ryc. 1.2.1. Podział administracyjny powiatu brodnickiego
3. Ryc. 2.2.4. Sieć hydrograficzna powiatu brodnickiego
4. Ryc. 2.3.1. Pokrywa glebowa powiatu brodnickiego
5. Ryc. 3.1.1. Sieć hydrograficzna powiatu brodnickiego.
6. Ryc. 3.3.1. Mapa zagrożenia suszą atmosferyczną na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.
7. Ryc. 3.3.2. Mapa zagrożenia suszą rolniczą na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.
8. Ryc. 3.3.3. Mapa zagrożenia suszą hydrologiczną na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.
9. Ryc. 3.3.4. Mapa zagrożenia suszą hydrogeologiczną na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.
10. Ryc. 3.3.5. Ocena łącznego zagrożenia suszą na obszarze powiatu brodnickiego, zgodnie z PPSS.
11. Ryc. 3.3.6. Mapa obszaru zagrożenia powodziowego 0,2%, 1% oraz 10% dla powiatu brodnickiego, zgodnie z ISOK.

2. Mapy koncepcyjne rozwiązań.

1. Ryc. 6.4.1.8. Przekrój poprzeczny przez odbudowany zbiornik i jego otoczenie przy opadzie 20 mm przez 30 min.
2. Ryc. 6.4.1.9. Nowy projekt zagospodarowania terenu. Możliwość zlikwidowania podtopień.
3. Ryc. 6.4.1.10. Sytuacja podtopień terenu przed (lewy rysunek) i po przeprowadzeniu prac hydrotechnicznych przy opadzie 20 mm przez 30 min.

4. Rysunki schematyczne i przekroje.

1. Ryc. 2.2.1. Przebieg opadów Chojnicach i w Mławie w wieloleciu 1991-2020: a) roczne sumy opadów atmosferycznych, b) różnice rocznych sum.
2. Ryc. 2.2.2. Przebieg temperatury w Chojnicach i w Mławie w wieloleciu 1991-2020: a) w przebiegu rocznym; b) różnice temperatury w okresie wegetacyjnym (IV-IX).
3. Ryc. 2.2.3. Przebieg ETo i KBW (mm) w Chojnicach i w Mławie w wieloleciu 1991-2020.
4. Ryc. 3.2.1. Łączna długość cieków sklasyfikowanych jako rzeki główne w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
5. Ryc. 3.2.2. Łączna długość wszystkich obiektów hydrograficznych w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
6. Ryc. 3.2.3. Ilość jezior w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
7. Ryc. 3.2.4. Powierzchnia jezior w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
8. Ryc. 3.2.5. Ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
9. Ryc. 3.2.6. Powierzchnia zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

10. Ryc. 3.2.7. Sumaryczna powierzchnia wód powierzchniowych stojących w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
11. Ryc. 3.2.8. Jeziorność w powiecie brodnickim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
12. Ryc. 4.2.1. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie wegetacyjnym (kwiecień–wrzesień) w powiecie brodnickim na tle powiatów woj. kujawsko-pomorskiego;
13. Ryc. 4.2.2. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie zimowym (październik–marzec) na tle powiatów woj. kujawsko-pomorskiego;
14. Ryc. 4.2.3. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w powiatach woj. kujawsko-pomorskiego;
15. Ryc. 6.4.1.1. Zlewnia opadowa o powierzchni 0,27 km² ciężąca na zbiornik.
16. Ryc. 6.4.1.2. Numeryczny model terenu wraz z zasięgiem podtopień w sytuacji przy opadzie 20 mm
17. Ryc. 6.4.1.3. Profil poprzeczny przez zbiornik i jego otoczenie w warunkach braku opadów - stan istniejący.
18. Ryc. 6.4.1.4. Profil poprzeczny przez zbiornik i jego otoczenie w warunkach opadów 20 mm przez 30 min - stan istniejący. Poziom wody wzrasta o przeszło 120 cm i podtapia ul. Matejki.
19. Ryc. 6.4.1.5. Uzbrojenie terenu, sieć kanalizacji deszczowej w otoczeniu zbiornika. Brak zalegalizowania wielu wylotów wód opadowych.
20. Ryc. 6.4.1.6. Rurociągi 300 mm i 500 mm na wylocie ze zbiornika.
21. Ryc. 6.4.1.7. Fragment mapy zasadniczej z uzbrojeniem terenu dla odcinka wylotu wód z rurociągu 800 m do rowu otwartego.
22. Ryc. 6.4.2.2. Zbiornik na działkach 105 i 103/1, obręb Górale.
23. Ryc. 6.4.2.3. Zlewni zbiornika o powierzchni 0,19 km², przy opadzie 20 mm.
24. Ryc. 6.4.2.4. Zlewnie w obrębie przeznaczonego do odbudowy zbiornika.

5. Legendy i opisy map.

1. AriMR – Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa
2. ET₀ – ewapotranspiracja potencjalna

3. GAEC2 – Dobra Kultura Rolna zgodna z ochroną gleb i wód
(ang. Good Agricultural and Environmental Condition – norma GAEC
dotycząca ochrony gleb organicznych i terenów podmokłych)
4. Geoportal – ogólnodostępny system informacji przestrzennej prowadzony przez
Głównego Geodetę Kraju
5. ISOK – Informatyczny System Osłony Kraju
6. IMGW-PIB - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut
Badawczy
7. ITP-PIB – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut
Badawczy
8. IUNG-PIB – Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy
Instytut Badawczy
9. KBW – Klimatyczny Bilans Wodny
10. KIP – Karta Informacyjna Przedsięwzięcia
11. LPW – Lokalne Partnerstwa Wodne
12. NBS – (ang. Natural Based Solution), rozwiązania oparte na naturze
13. PG Wody Polskie – Państwowe Gospodarstwo Wody Polskie
14. PPSS – Plany Przeciwdziałania Skutkom Suszy
15. PPW – Powiatowe Plany Wodne